

**Національний технічний університет України «КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ  
ІНСТИТУТ імені Ігоря Сікорського»**

**МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ**

Кафедра технології машинобудування

«На правах рукопису»

УДК 621.002.004.896(075.8)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Ю.В.Петраков  
“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**Магістерська дисертація на здобуття ступеня магістра**

**зі спеціальності 131 Прикладна механіка. Технології виготовлення літальних  
апаратів**

**на тему: Структурно-параметричний синтез послідовності операцій та переходів  
виготовлення корпусних деталей**

Виконав (-ла): студент (-ка) \_2\_ курсу, групи МТ-82мп

Молодий Станіслав Валерійович \_\_\_\_\_ (підпис)

Науковий керівник \_доц.,к.тн,доц. Войтенко В.І. \_\_\_\_\_ (підпис)

Консультант \_\_\_\_\_ (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_ (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській  
дисертації немає запозичень з праць інших  
авторів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_ (підпис)

Київ – 2019 року

## РЕФЕРАТ

### Структурно-параметричний синтез послідовності операцій та переходів виготовлення корпусних деталей

Робота містить 128 сторінок машинописного тексту, 66 рисунків, 12 таблиць, 2 формули, 10 найменувань літературних джерел.

#### *Актуальність роботи*

Зменшення собівартості і трудомісткості при виготовленні корпусних деталей є важливим. В машинобудуванні, при проектуванні ТП, ці фактори є одними з найважливіших, тому зменшивши ці параметри, ми можемо підвищити ефективність виробництва. На трудомісткість і собівартість впливають багато факторів, наприклад: вибір правильного верстатного обладнання, вибір інструмента та вибір матеріалу ріжучої частини, оптимально підібраний розмір інструмента, швидкості різання, подачі, потужності а також стійкості. Завдяки сучасним програмам ми можемо підібрати оптимальні параметри. Одна із таких програм, це «Sapr\_2020» розробки доцента Войтенко В.І. Завдяки ній ми можемо покращити показники собівартості і трудомісткості при виготовленні корпусних деталей.

**Мета і задачі дослідження** Мета роботи – дослідити можливість покращення показників собівартості і трудомісткості при проектуванні корпусних деталей. В експериментальній частині роботи заплановані дослідження впливу змін параметрів при торцевому фрезеруванні та розточуванні на економічні показники. Для досягнення поставленої мети в роботі вирішуються наступні задачі:

1. Автоматизоване проектування структури послідовності виготовлення корпусних деталей.
2. Віртуальне дослідження впливу варіативних параметрів інформаційної моделі торцевого фрезерування та розточування на продуктивність і собівартість.
3. Послідовність синтезу формули структури ТП.
4. 3Д модель деталі і заготовки.

5. Графіки трудомісткості і собівартості спроектованого ТП.
6. Інформаційна модель торцевого фрезерування і розточування.
7. Варіативні реквізити інформаційної моделі.

**Об'єктом дослідження** – Віртуальна модель торцевого фрезерування та розточування.

**Предмет досліджень** – Система автоматизованого проектування ТП «Sapг\_2020».

**Методи дослідження** – аналіз, ідеалізація, формалізація, статистика.

**Наукова новизна одержаних результатів :**

Підібрані оптимальні параметри при торцевому фрезеруванні та розточуванні.

**Практичне значення одержаних результатів** – використання отриманих результатів при торцевому фрезеруванні і розточуванні корпусних деталей в виробничих умовах та навчальному процесі.

**Публікації:**

Під час навчання було опубліковано одна теза доповіді на загально-університетських конференціях молодих учених і студентів

СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧНИЙ СИНТЕЗ ПОСЛІДОВНОСТІ ОПЕРАЦІЙ ТА ПЕРЕХОДІВ ДЕТАЛІ «КРИШКА»

## **ABSTRACT**

### **Structural-parametric synthesis of TP**

The work contains 128 pages of typewritten text, 66 figures, 12 tables, 2 formulas, 10 titles of literary sources.

#### **Relevance of work**

Reduction in cost and complexity in the manufacture of body parts. In engineering, when designing TP, these factors are one of the most important, so by reducing these parameters, we can increase production productivity. The complexity and cost are influenced by many factors, for example: choosing the right machine tool, selecting a tool and selecting a cutting part material, optimally selected tool size, cutting speed, feed rate, power, and durability. Thanks to modern applications, we can choose the best parameters. One of these programs is Sapr\_2020. Thanks to it, we can improve the cost and complexity of manufacturing body parts.

**Purpose and objectives of the study** The purpose of the work is to improve the cost and labor cost of designing the body parts. In the experimental part, we will change the parameters for face milling and boring. To achieve this goal, the following tasks are solved in the work:

1. Automated design of TP for the manufacture of body parts.
2. Virtual study of the influence of variant parameters of the information model of face milling and boring on productivity and cost.
3. The sequence of synthesis of the formula of the structure of TP.
4. 3D model of workpiece and workpiece.
5. Graphs of complexity and cost of the designed TP.

6. Information model of face milling and boring.

7. Variational details of the information model.

**The object of the study** - is a virtual model of face milling and boring.

**Subject of research** - Computer-aided design system TP "Sapr\_2020"

**Research methods** - analysis, idealization, formalization, statistics.

**Scientific novelty of the obtained results:**

Optimal parameters for face milling and boring are selected.

**The practical significance of the obtained** – results is the use of the obtained results in face milling and boring of body parts in production conditions and in the educational process.

**Posts:**

During the course of the study, one thesis report was published at general-university conferences of young scientists and students

STRUCTURAL AND PARAMETRIC SYNTHESIS OF TI DETAILS

## ЗМІСТ

Вступ .....	4
1. Глава 1. Автоматизований синтез формули послідовності операцій виготовлення корпусних деталей .....	5
1.1. Аналіз конструктивних особливостей деталі та її класифікація.....	5
1.2. Аналіз вибору конструкційних матеріалів .....	7
1.3.Визначення типу виробництва та аналіз його впливу на завдання технологічного підготовки виробництва .....	8
1.4.Короткий аналіз технологічності конструкції деталі .....	10
1.5.Обґрунтування вибору баз для технологічного процесу виготовлення деталі .....	12
1.6.Декомпозиція деталі на елементарні поверхні.....	14
1.7.Проектування принципової схеми ТП.....	26
1.8.Основи методики формалізованого синтезу .....	30
1.9.Структурно-технологічна модель .....	33
2. Глава 2. Аналіз впливу варіативних параметрів інформаційної моделі торцевого фрезерування на трудомісткість і собівартість .....	42
2.1. Інформаційна модель торцевого фрезерування .....	47
2.1.1 Фрезерування торцевими фрезами .....	48
2.1.2 Торцеві фрези та їх різновиди .....	49
2.1.3 Режими різання .....	51
2.1.4 Фрезерні верстати .....	52
2.1.5 Центр обробний горизонтальний ЕС-500 / 8000 об / хв / 14,9 кВт / Haas / США .....	54

2.2. Практична частина торцевого фрезерування .....	58
2.3. Дослідження впливу потужності і швидкості від діаметру .....	60
2.4. Дослідження впливу діаметра фрези .....	61
2.5. Дослідження зміни стійкості фрези .....	66
2.6. Дослідження зміни матеріалу фрези .....	74
3. Глава 3. Аналіз впливу варіативних параметрів інформаційної моделі розточування на трудомісткість і собівартість .....	82
3.1. Інформаційна модель розточування .....	82
3.2. Режими різання при розточуванні отворів .....	84
3.3. Брак при обробці отворів .....	88
3.4. Центр обробний горизонтальний ЕС-500 / 8000 об / хв / 14,9 кВт / Haas / США .....	89
3.5. Практична частина розточування .....	93
3.6. Дослідження впливу різця .....	95
3.7. Дослідження впливу розмірів різця .....	99
3.8. Дослідження зміни стійкості різця .....	103
3.9. Дослідження зміни матеріалу різця .....	109
3.10. Порівняння зміни собівартості і трудомісткості .....	122
4. Глава 4. Розробка стартап-проекту .....	123
5. Висновки .....	127
Список використаної літератури .....	128

## **Вступ**

В машинобудуванні при механообробці важливими показниками є параметри собівартості і трудомісткості. Для забезпечення оптимальних значень цих показників, при проектуванні ТП впливають не тільки операції, а також і переходи. На собівартість впливають такі параметри як: стійкість, вартість пристрою, вартість верстату, заробітна плата, правильно підібраний інструмент та інструментальна частина, енерговитрати, трудомісткість. В системі автоматизованого проектування “Sapг\_2020” розробки доц. Войтено В.І. ми можемо моделювати процес різання. Завдяки цієї програмі ми можемо визначити швидкість різання, роботу, потужність, подачу, кол-во проходів, частоту обертання. Основні параметрами, які ми можемо змінювати в системі автоматизованого проектування “Sapг\_2020”, що впливають на собівартість і трудомісткість при механообробки це: розміри оброблюваної поверхні, шорховатість, правильно підібраний верстат, стійкість, ріжучий інструмент, матеріал ріжучої частини інструмента і т.д. Результати моделювання декількох варіантів виконання переходів дає можливість вибрати раціональні режими обробки і оптимізувати собівартість виконання типових переходів.



# **Глава 1. Автоматизований синтез формули послідовності операцій виготовлення корпусних деталей**

## **1.1 Аналіз конструктивних особливостей деталі та її класифікація**

Аналіз 3-D моделі та кресленика деталі «Кришка» (рис.1.1) показує, що на кресленику деталі є достатня кількість проекцій, перерізів та видів, які дають повне уявлення про конструктивні особливості деталі.

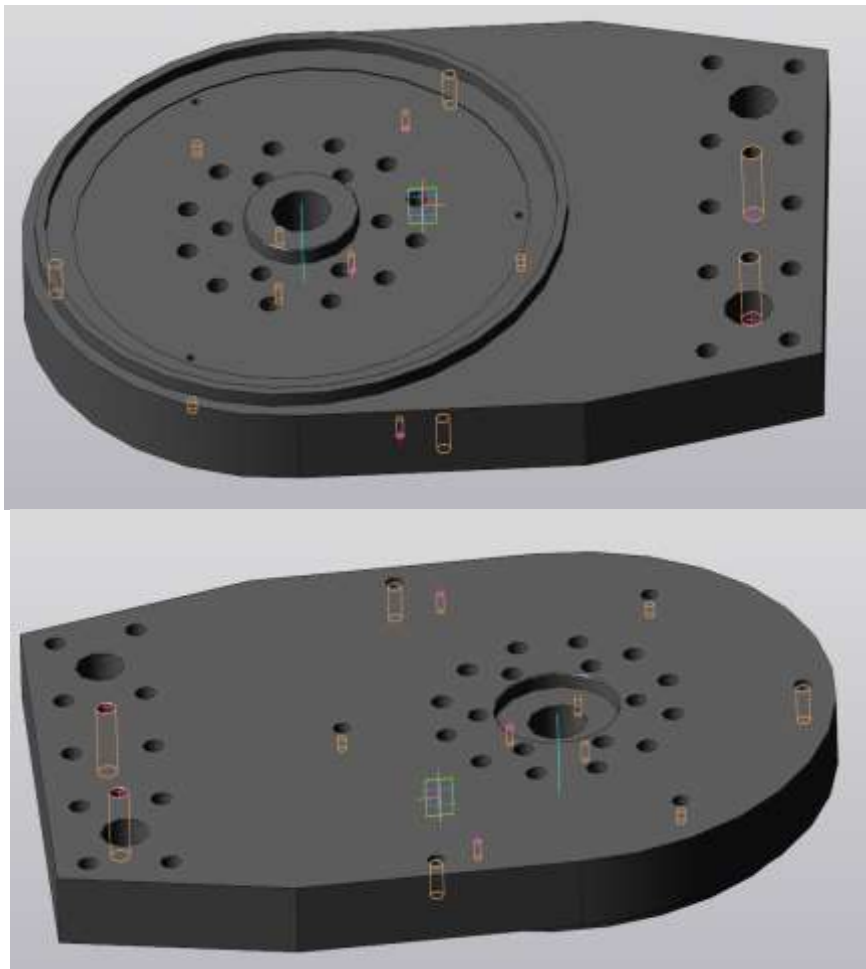


Рисунок 1.1 – 3-D модель деталі «Кришка»

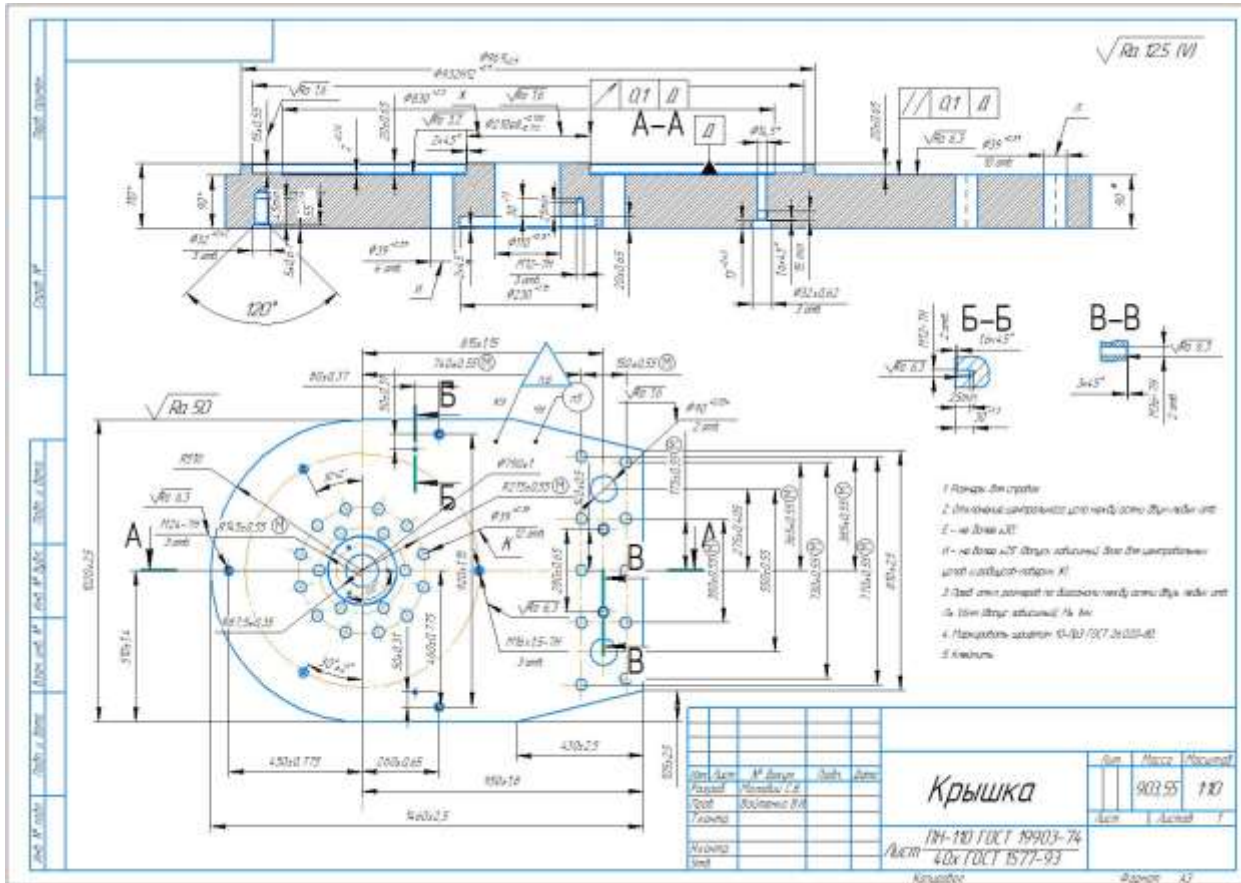


Рисунок 1.2 – Кресленик деталі «Кришка»

За конструктивними ознаками деталь «Кришка» необхідно віднести до корпусних деталей першої групи, які мають площину основи та кріпильні отвори. Конструкція корпусу передбачає два кріпильні отвори ( $\varnothing 90$ ) які забезпечують базування корпусу в складальній одиниці. Конструкція кришки є достатньо жорсткою і здатна сприймати статичні навантаження та великі знакозмінні навантаження. Конструкція корпусу має двадцять вісім отворів  $\varnothing 39$ , три різьби M16x1,5-7H, дві різьби M36-7H, три отвори  $\varnothing 32$ . Вимоги до точності розмірів робочих поверхонь узгоджені з вимогами до параметрів шорсткості.

## 1.2. Аналіз вибору конструкційного матеріалу

Заготовка деталі виготовляється зі Сталі 40 ГОСТ 1050-88, який рекомендується для виготовлення таких деталей, і цей матеріал може забезпечити тривалий термін експлуатації в заданих умовах експлуатації. Сталеві компоненти менш чутливі до впливу зовнішніх концентраторів напруги на циклічні навантаження і мають більш високі коефіцієнти поглинання вібрації під час вібрації компонентів. Сталь має хороші фізичні та механічні властивості, може забезпечити якісні заготовки і добре обробляється за допомогою ріжучих лез, що має високі показники обробки. Цей матеріал широко використовується в промисловості. Сталь 40 використовується для виготовлення валів і шатунів для передачі крутного моменту, шестерень, поршнів, фітингів для труби, обертових деталей, заклепок для інструментів, вимірювального інструменту, болтів, деталей для конусних барабанних машин та інших компонентів. Для виробництва високоякісної продукції потрібна 40 сортів сталі. Сталь 40 у відповідності до стандарту ГОСТ 1050-88 має наступні фізико-механічні характеристики (табл.1.1).

Таблиця 1.1-Фізико-механічні характеристики Сталь 40 ГОСТ 1050-88

Тимчасовий опір при розтягуванні, $\sigma_s$ , МПа	Твердість, НВ кгс/мм <sup>2</sup>	Густина, $\rho$ кг/м <sup>3</sup>	Масова частка елементів, %				
			<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>S</i>	<i>P</i>
510	187-241	7820	0,37- 0,45	0.17 - 0.37	0,5-0,8	Не більше 0,035	Не більше 0,035

**Висновок:** Матеріал заготовки Сталь 40 забезпечує сприятливі умови деталі в заданих умовах експлуатації.

### 1.3 Визначення типу виробництва та аналіз його впливу на завдання технологічного підготовки виробництва

Для попереднього проектування доцільно використовувати аналогові методи визначення типу виробництва. Для цього необхідно визначити масу деталі та річний обсяг випуску.

Масу деталі знаходимо за допомогою програмного засобу Компас 3Д попередньо побудувавши тривимірну модель деталі «Кришка»

(рис 1.3).

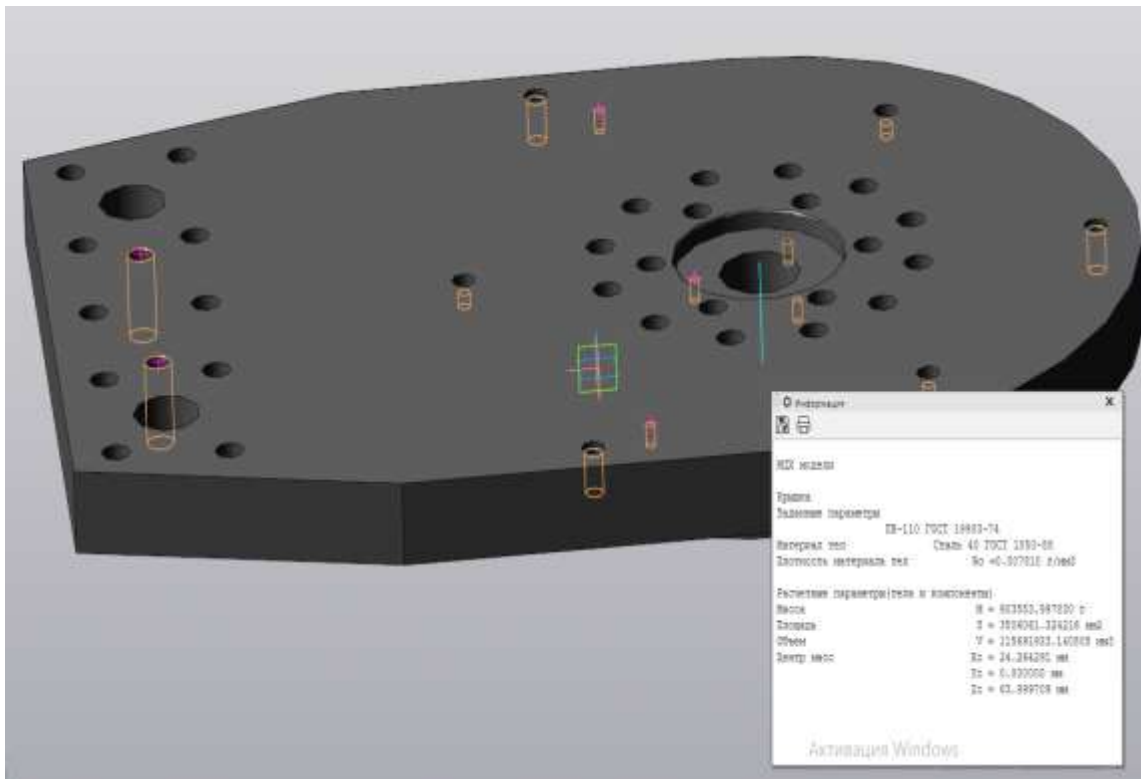


Рисунок 1.3 – масові характеристики деталі «Кришка»

У відповідності до виконаних розрахунків визначили, що маса деталі складає  $m = 903,5 \text{ кг}$ , а обсяг випуску  $N_p = 100$  деталей на рік.

Відповідно до вихідних даних тип виробництва визначаємо за даними табл.1.2.

Таблиця 1.2 – Аналогові дані для визначення типу виробництва

Тип виробництва	Річний обсяг випуску деталей одного найменування, шт		
	легкі, масою до 20кг	середні, масою 20...30кг	важкі, масою більше 30кг
Одиничний	до 100	до 10	1...5
Малосерійний	101...500	11...200	6...100
Середньо серійний	501...5000	201...1000	101...300
Велике серійний	5001...50000	1001...5000	301...1000
Масовий	більше 50000	більше 5000	більше 1000

Для маси деталі  $m = 903,5$  кг та річного обсягу випуску  $N_p = 100$  штук на рік тип виробництва буде малосерійним.

*Серійне виробництво* - інший тип продукту, коли ви бажаєте отримати номенклатурний код для виробників продуктів, що виробляються в гомогенному виробництві, не потребують використання та продовольчої роботи протягом тривалого часу. (ДСТУ 2960-94). [1]

Для типів масового виробництва коефіцієнт для відкритих робіт визначається наступним розміром. Для вирішення задачі технологічної підготовки ми використовували значення коефіцієнта коефіцієнта.  $K_{zo} = 5$ . [1]

Тип виробництва традиційного машинобудування визначає тип машин, інструментів, машинних систем та конкретні методи проектування системи. Враховуючи все більш широке використання машинобудування в цифровому керованому цифровому (ЧПУ) програмному забезпеченні, вплив видів виробництва на технічне проектування значно зменшується, оскільки ці машини мають широкі технічні можливості, знижують гнучкість та надають спеціалізовані інструменти. Незалежність видів виробництва. [1]

**Висновок.** Технологічне підготування виробництва будемо виконувати для малосерійного типу виробництва з коефіцієнтом закріплення операцій  $K_{zo} = 5$ .

## 1.4 Короткий аналіз технологічності конструкції деталі

Технологічність - характеристика виготовлення машин, вузлів і деталей, що забезпечує високі технічні та експлуатаційні характеристики з мінімальними витратами на суспільно корисну роботу, необхідну для виготовлення. Працездатність деталей для виготовлення Виготовлення деталей забезпечує необхідну технологічність конструкції із визначеними показниками, збільшує продуктивність, зменшує витрати та скорочує час, необхідний для виготовлення виробу Це низка засобів за призначенням. Щоб знизити необхідну якість.Оцінка технологічності може бути двох видів :

- якісна ;
- кількісна.

Якісна оцінка визначає технологічність конструкції, зазвичай ґрунтується на досвіді і може використовуватися як попередня оцінка на всіх етапах проектування.

Кількісна оцінка технологічності виробу з числами має значення, якщо ці показники суттєво впливають на технологічність продукту.

Нетехнічну продукцію слід вважати нетехнічною продукцією в сучасних або конкретних виробничих умовах і не може обробляти наявне обладнання чи інструменти. Сучасні верстати з ЧПК фактично усувають проблеми продуктивності продукту. Це тому, що їх технічні можливості в поєднанні з верстатами фактично не обмежують конструктивні властивості деталей верстатів.

Заготовка деталі «Кришка» технологічна. Конструкція заготовки складається з простих поверхонь, які не потребують спеціальних ріжучих інструментів і забезпечують вільний доступ до ріжучих та вимірювальних інструментів. Достатня жорсткість заготовки дозволяє використовувати високі режими різання.

Умови технологічності деталі:

- допускається оброблення поверхонь деталі на прохід;
- для оброблення використовуються стандартні різальні і вимірювальні інструменти;
- оброблення всіх поверхонь забезпечує зручне підведення стандартного різального інструменту.

**Висновок:** Технологічний процес виготовлення деталі «Кришка» будемо проектувати для умов багатомовного виробництва з застосуванням верстатів з ЧПУ.

Ескіз заготовки наведено на рис.1.4.

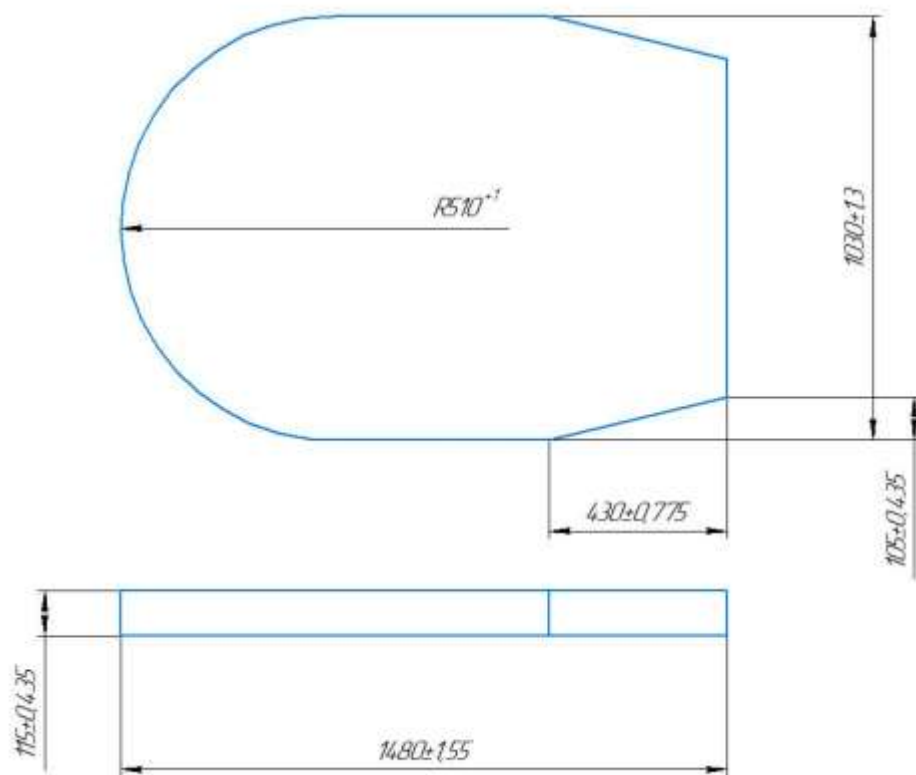


Рисунок 1.4 - Ескіз заготовки деталі «Кришка»

## 1.5 Обґрунтування вибору баз для технологічного процесу виготовлення деталі

Алгоритм, що використовується для обґрунтування вибору технологічних основ, передбачає послідовну реалізацію таких кроків:

- обґрунтування вибору загальних технологічних баз (ЗТБ);
- обґрунтування вибору технологічних баз (ТБ) для перших операцій технологічного процесу (ТП);

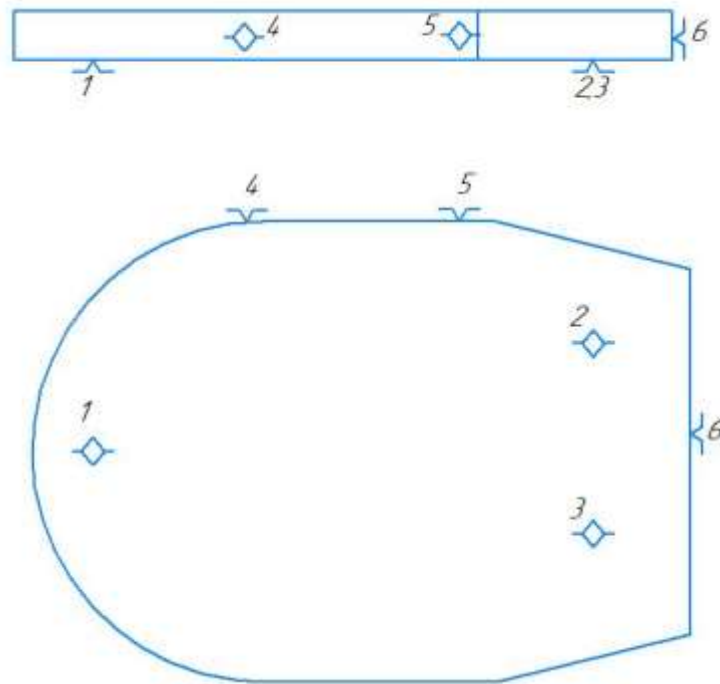


Рисунок 1.5 - Теоретична схема базування по загальним технологічним базам деталі «Кришка»

Структурна формула схеми базування по технологічним базам має вид:

$$CB_{TB} \Rightarrow Y(3) + H(2) + O(1) \quad (1.1)$$



Конструктивна реалізація такої основної схеми передбачає використання відповідних кріпильних елементів для реалізації площини  $У(3)$ , де подвійне опорне підстава  $ПО(2)$  реалізується оправним стовбуром, а опорна основа  $О(1)$  реалізована жорстким опором.

Вибравши загальну базову технологічну схему, необхідно враховувати можливість безперервного використання для всіх технологічних процесів. Очевидно, що вищевказана схема основи передбачає обробку всіх обробних поверхонь тіла і може бути використана без змін у всіх операціях технологічного процесу для обробки певної частини тіла.

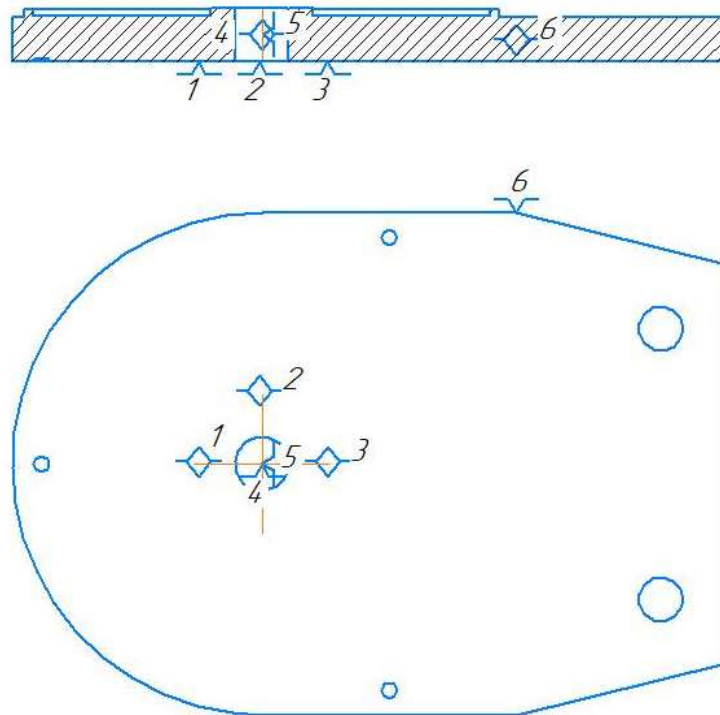


Рисунок 1.6 - Теоретична схема базування по технологічним базам деталі  
«Кришка»

Структурна формула схеми базування по технологічним базам (рис.1.7) має вид:

$$СБ_{ТБ} \Rightarrow У(3) + ПО(2) + О(1) \quad (1.2)$$

Конструктивна реалізація такої основної схеми передбачає використання відповідних кріпильних елементів для виконання площини  $V(3)$ , де подвійна опорна база ПО(2) за допомогою призми та опорної основи О (1) реалізується жорстким опором.

Схема базування (рис.1.7) містить набір поверхонь заготовки, які є необробленими поверхнями згідно креслення. Відповідно, таке розташування компонувань забезпечує обробку поверхонь звичайними технологічними фундаментами та правильне розміщення необроблених поверхонь відносно оброблених поверхонь.

### 1.6 Декомпозиція деталі на елементарні поверхні

Класифікація поверхонь деталі «Кришка» за службовим призначенням наведена на рис.1.7.

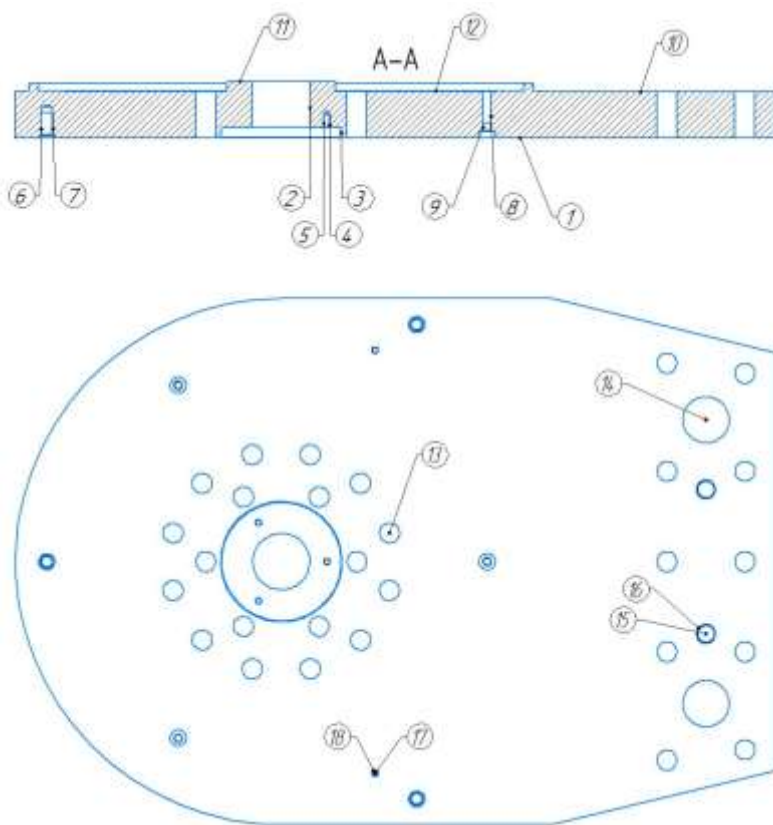


Рисунок 1.7 - Класифікація поверхонь деталі «Кришка» за службовим призначенням.

Табл. 1.3. Типи оброблюваних поверхонь

№ Переходу	Кол-во поверхонь	Тип поверхні	Розмір
1	1	Площина	110x1460x1020
2	1	Отвір наскрізний	Ø110, L=110
3	1	Уступ	90x230
4	3	Отвір глухий	Ø10,1, L=30
5	3	Різьба внутрішня	M12-7H, L=30
6	3	Отвір глухий	Ø28,8, L=55
7	3	Різьба внутрішня	M24-7H, L=55
8	3	Отвір наскрізний	Ø14,4, L=95
9	3	Різьба внутрішня	M16x1,5-7H, L=95
10	1	Площина	90x461x1020
11	1	Площина	Ø261x110
12	1	Уступ	Ø932x95
13	28	Отвір наскрізний	Ø39, L=90
14	2	Отвір наскрізний	Ø90, L=90
15	2	Отвір глухий	Ø32,8, L=55
16	2	Різьба внутрішня	M36-7H, L=55
17	2	Отвір глухий	Ø10,1, L=25
18	2	Різьба внутрішня	M12-7H, L=25

Для проектування оброблення поверхні № 1 ми використовуємо режим «Площина».

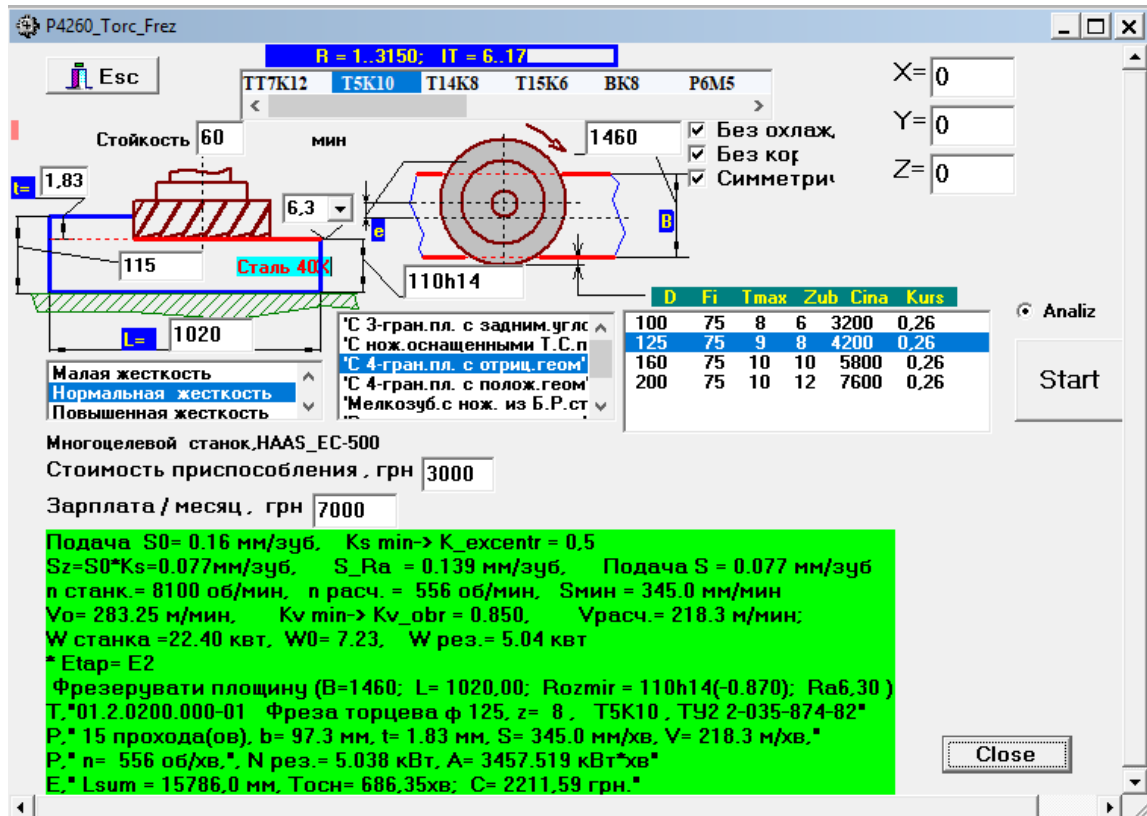


Рис. 1.8. Оброблення поверхні №1

Для проектування оброблення поверхні № 2 ми використовуємо режим «Розточування».

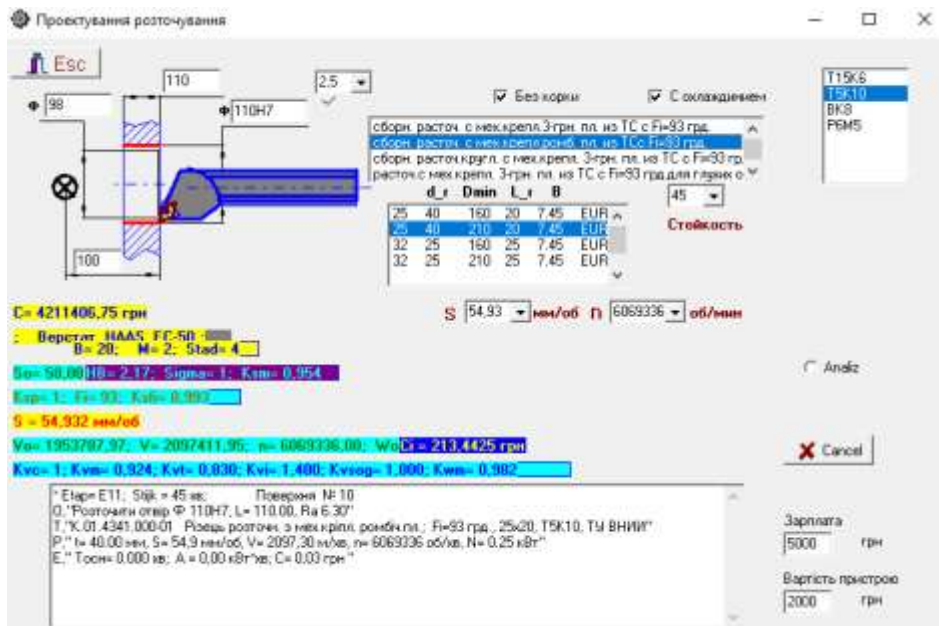


Рис. 1.9. Оброблення поверхні №2

Для проектування оброблення поверхні № 3 ми використовуємо режим «Площина».

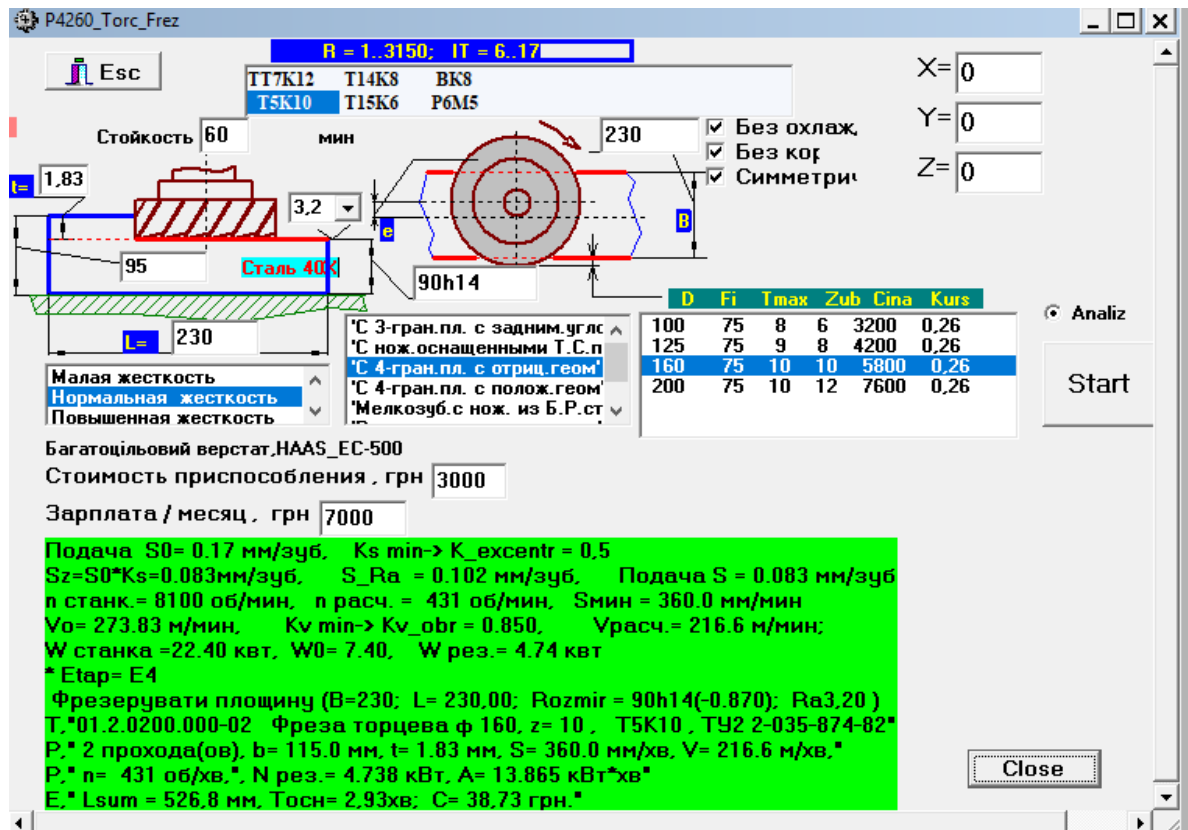


Рис. 1.10. Оброблення поверхні №3

Для проектування оброблення поверхні № 4 ми використовуємо режим «Отвір».

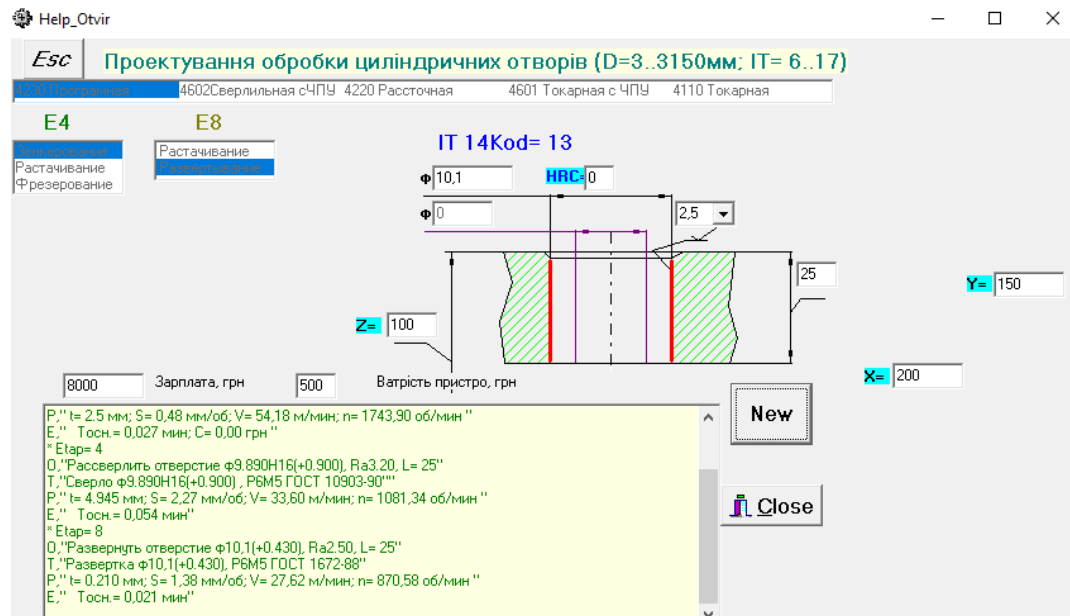


Рис. 1.11. Оброблення поверхні №4

Для проектування оброблення поверхні № 5 ми використовуємо режим «Різь внутрішня».

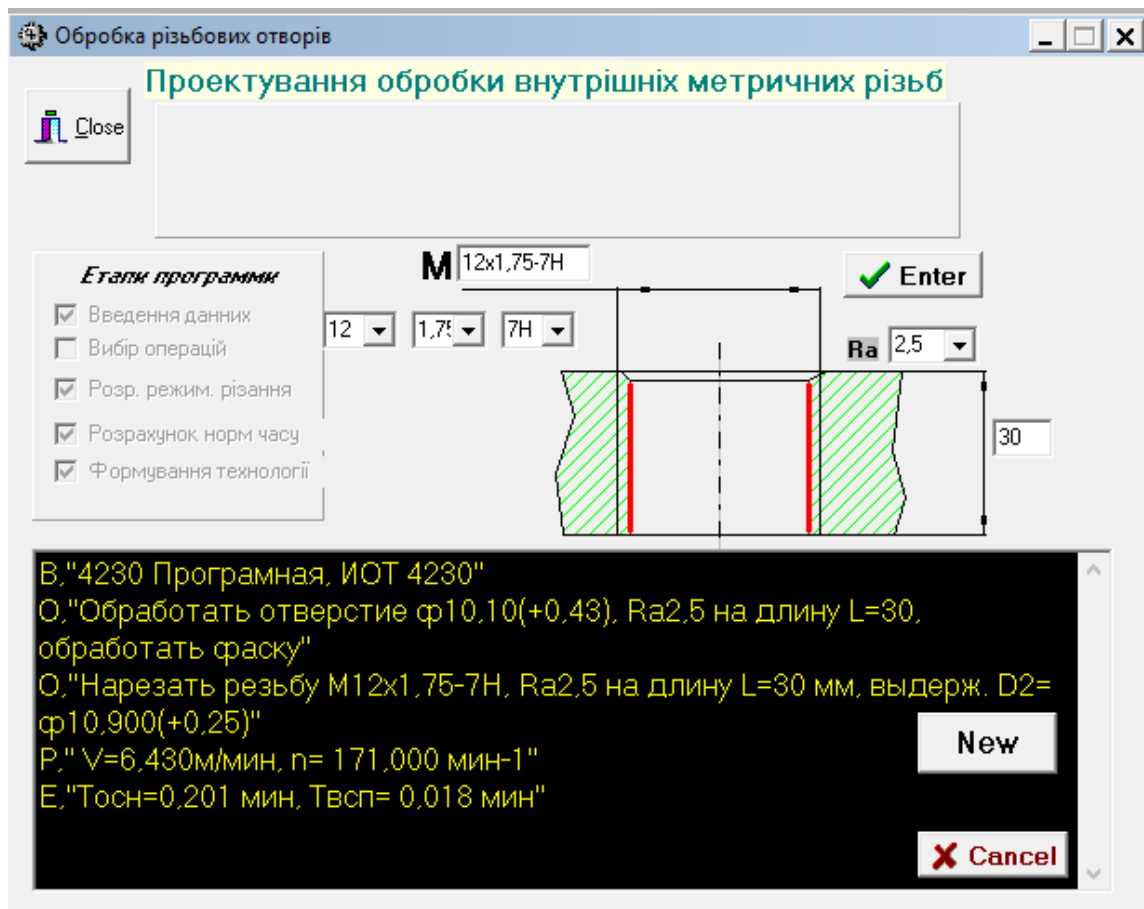


Рис. 1.12. Обработка поверхности №5

Для проектирования обработки поверхности № 6 мы используем режим «Отвір».

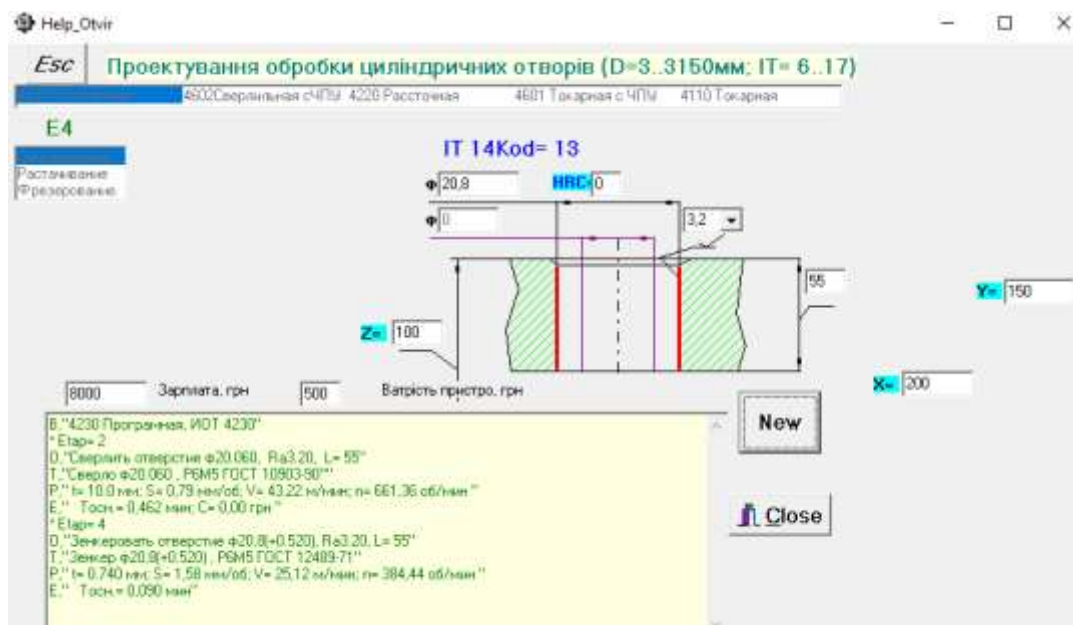


Рис. 1.13. Обработка поверхности №6

Для проектирования обработки поверхности № 7 мы используем режим «Резь внутренняя».

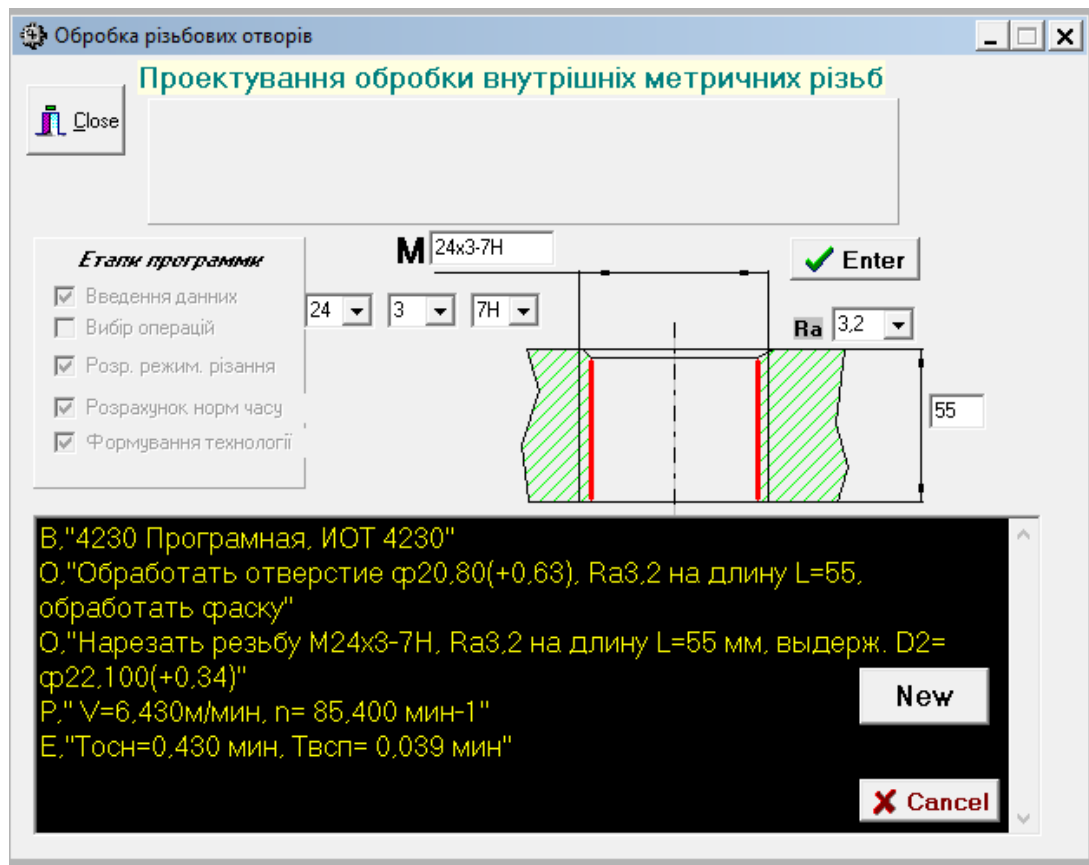


Рис. 1.14. Обработка поверхности №7

Для проектирования обработки поверхности №8 мы используем режим «Отвір».

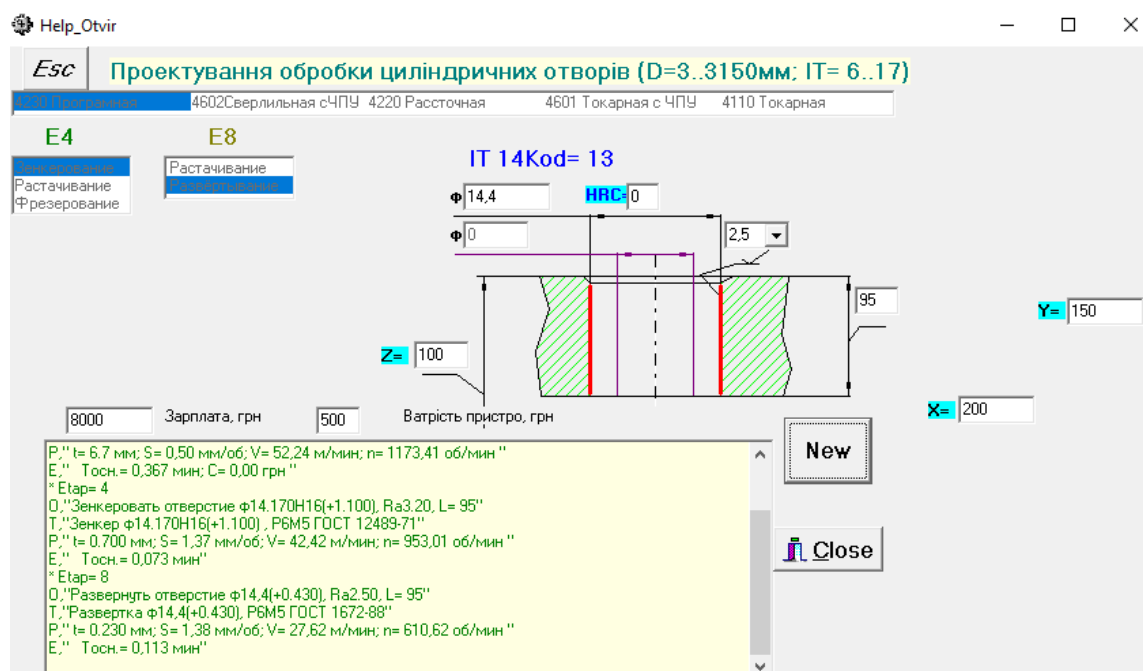


Рис. 1.15. Обработка поверхности №8

Для проектирования обработки поверхности № 9 мы используем режим «Різь внутрішня».

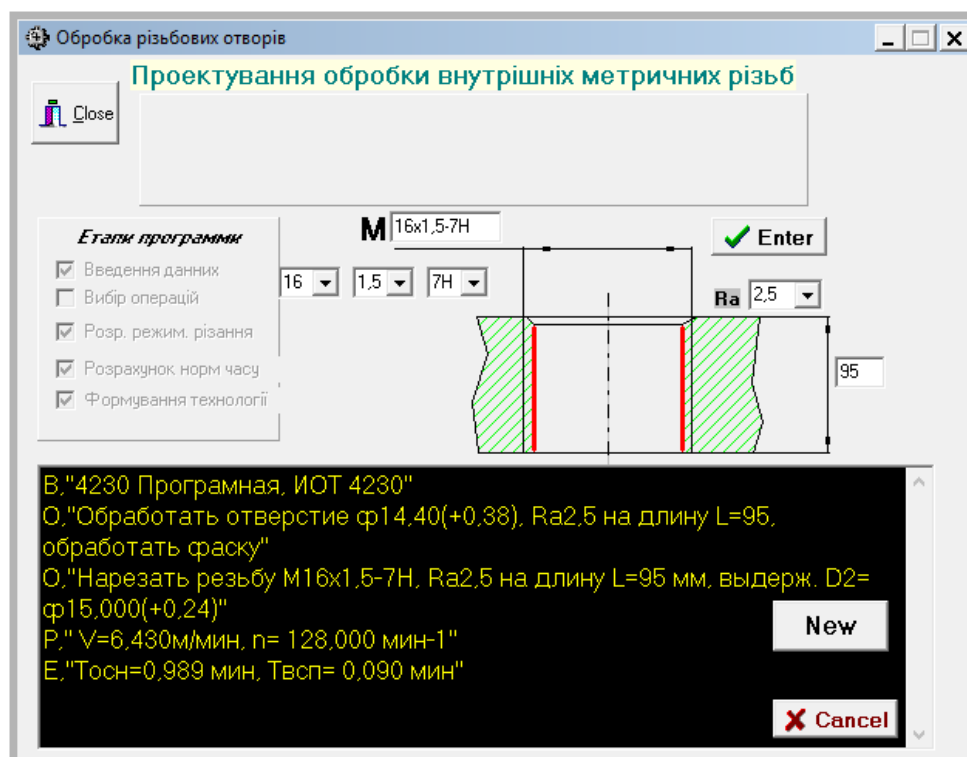


Рис. 1.16. Обработка поверхности №9

Для проектирования обработки поверхности № 10 мы используем режим «Площина».

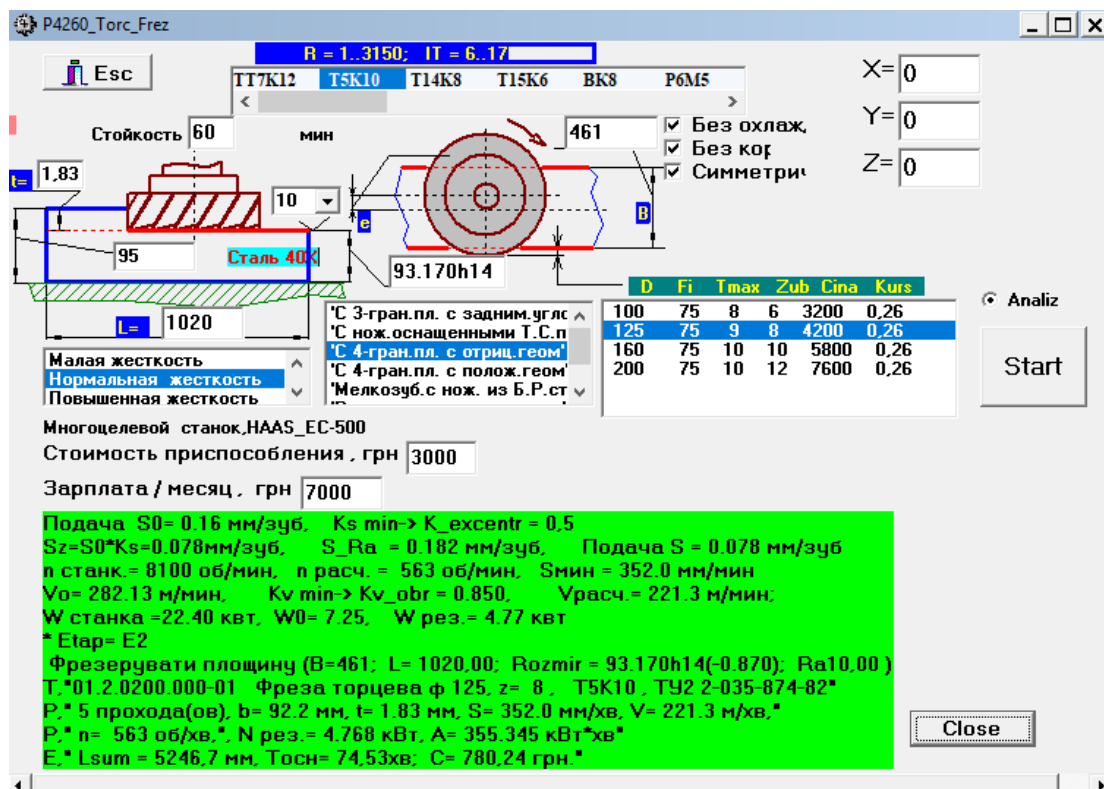


Рис. 1.17. Обработка поверхности №10

Для проектирования обработки поверхности № 11 мы используем режим «Площина».



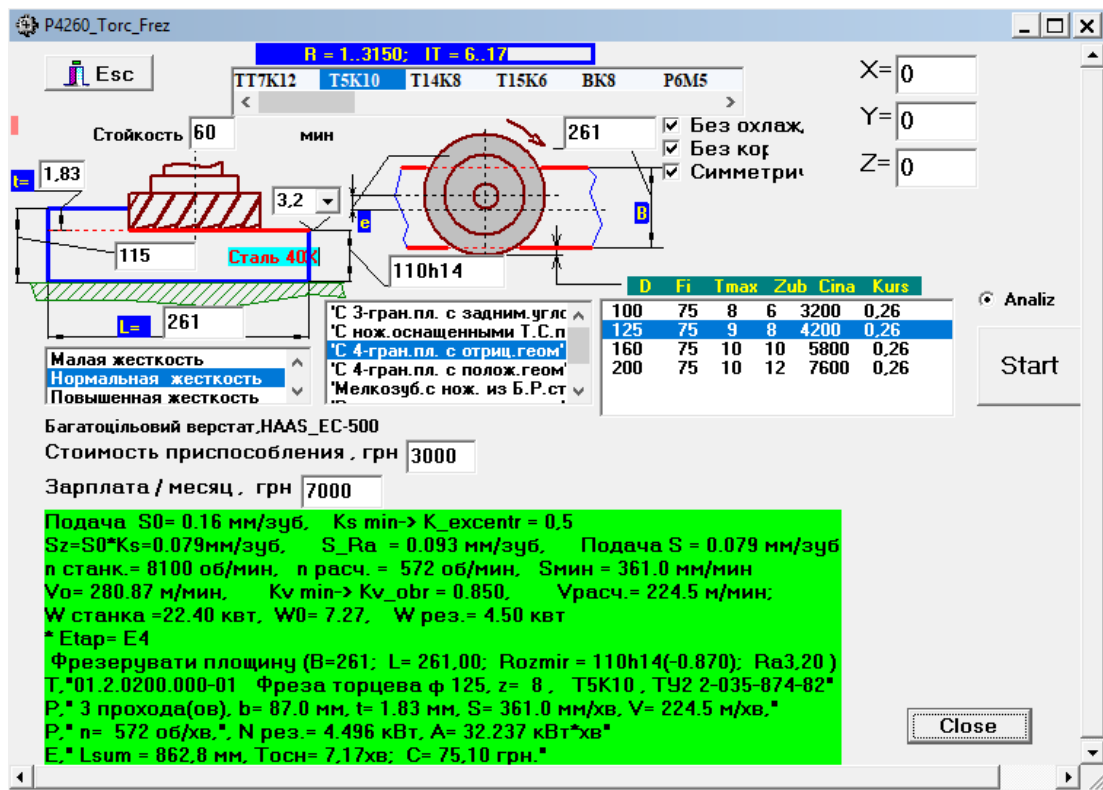


Рис. 1.18. Оброблення поверхні №11

Для проектування оброблення поверхні № 12 ми використовуємо режим «Площина».

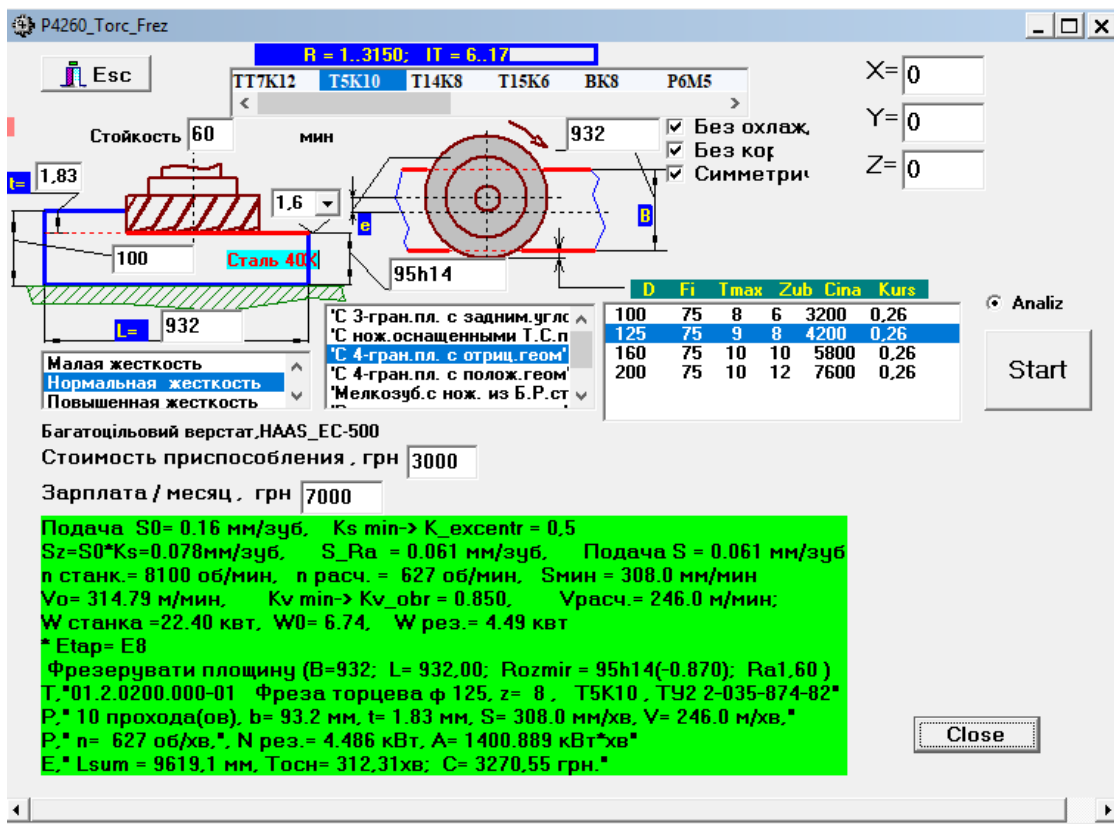


Рис. 1.19. Оброблення поверхні №12

Для проектування оброблення поверхні № 13 ми використовуємо режим «Отвір».

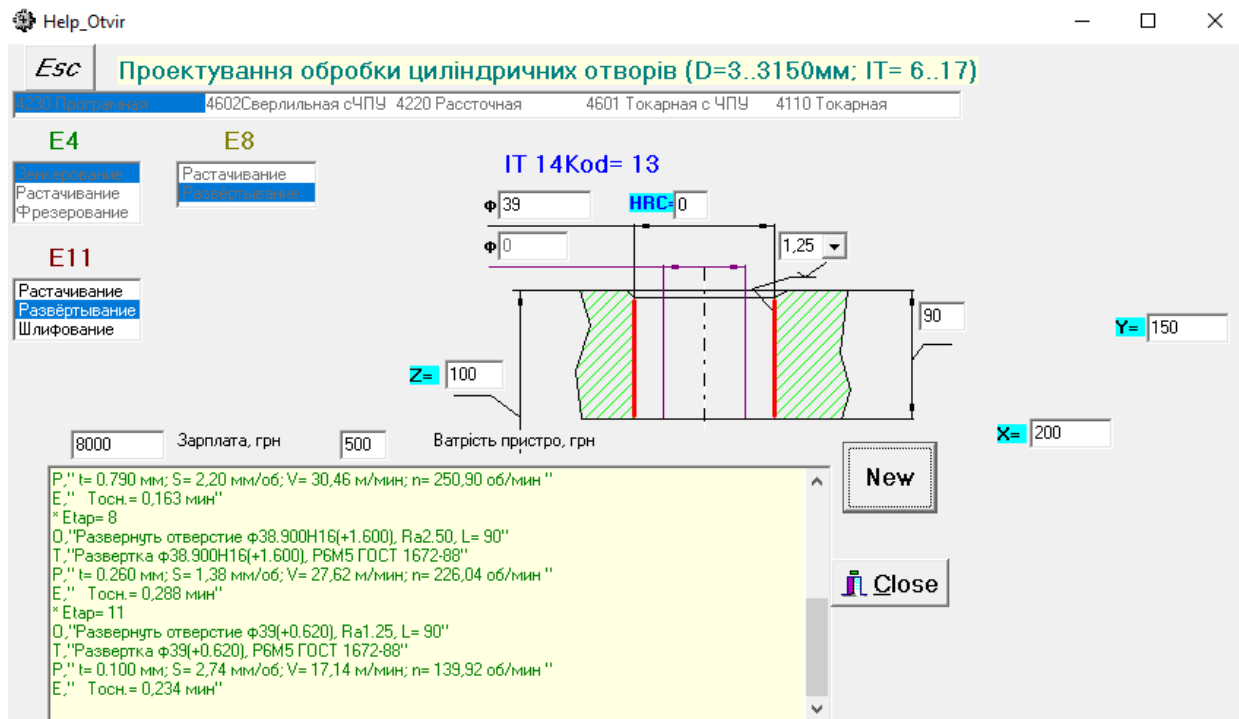


Рис. 1.20. Оброблення поверхні №13

Для проектування оброблення поверхні № 14 ми використовуємо режим «Отвір».

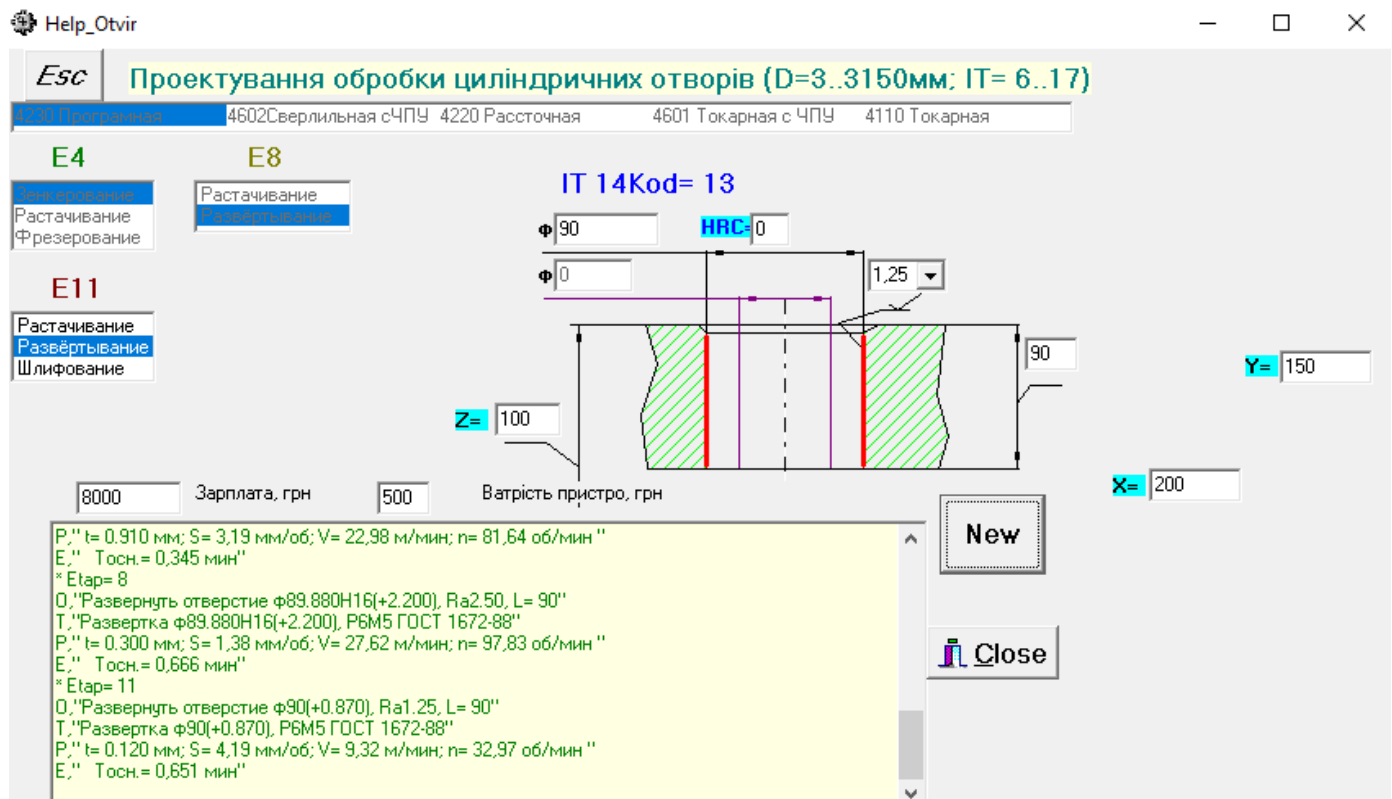


Рис. 1.21. Оброблення поверхні №14

Для проектування оброблення поверхні № 15 ми використовуємо режим «Отвір».

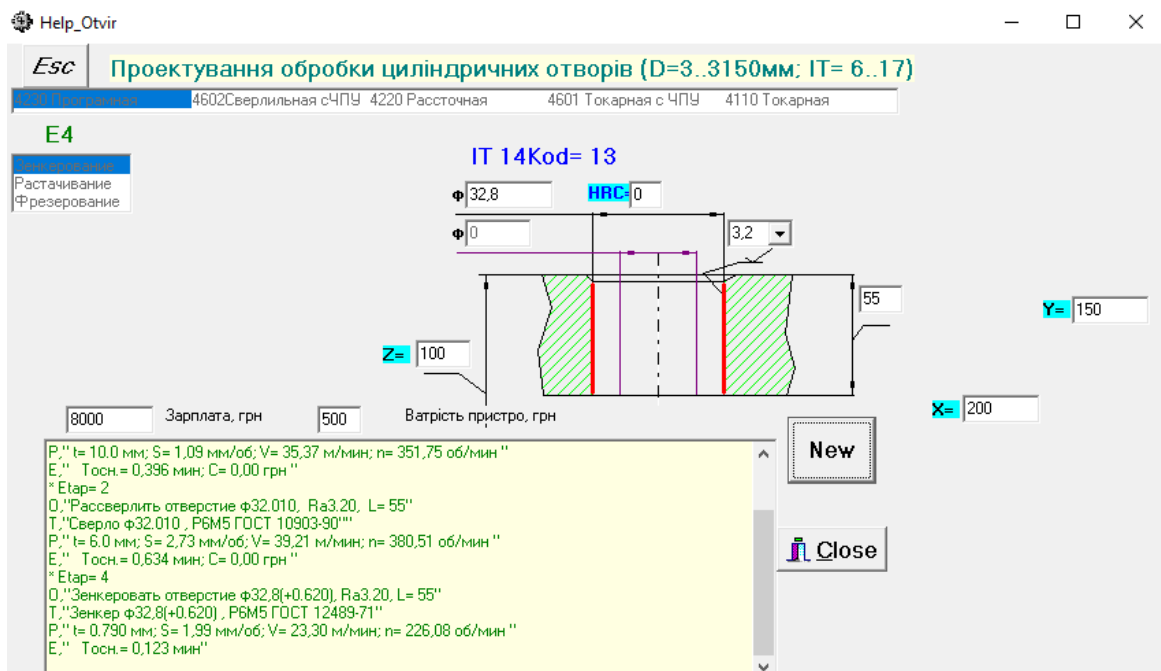


Рис. 1.22. Обработка поверхности №15

Для проектирования обработки поверхности № 16 мы используем режим «Резь внутри».

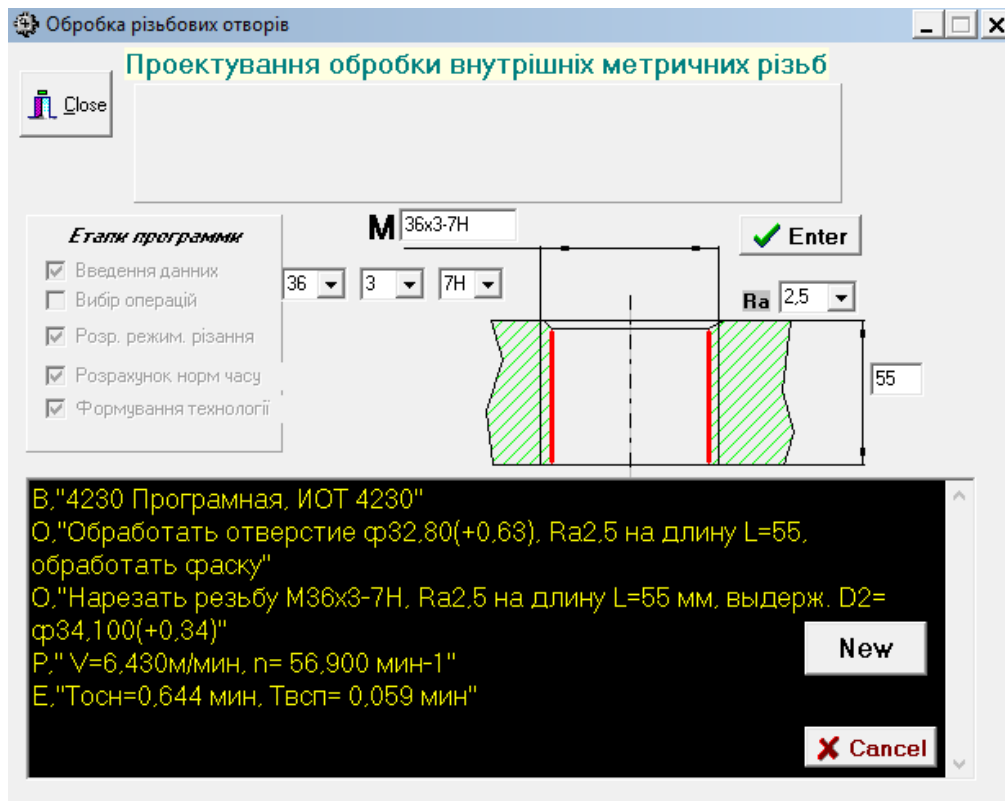


Рис. 1.23. Обработка поверхности №16

Для проектування оброблення поверхні № 17 ми використовуємо режим «Отвір».

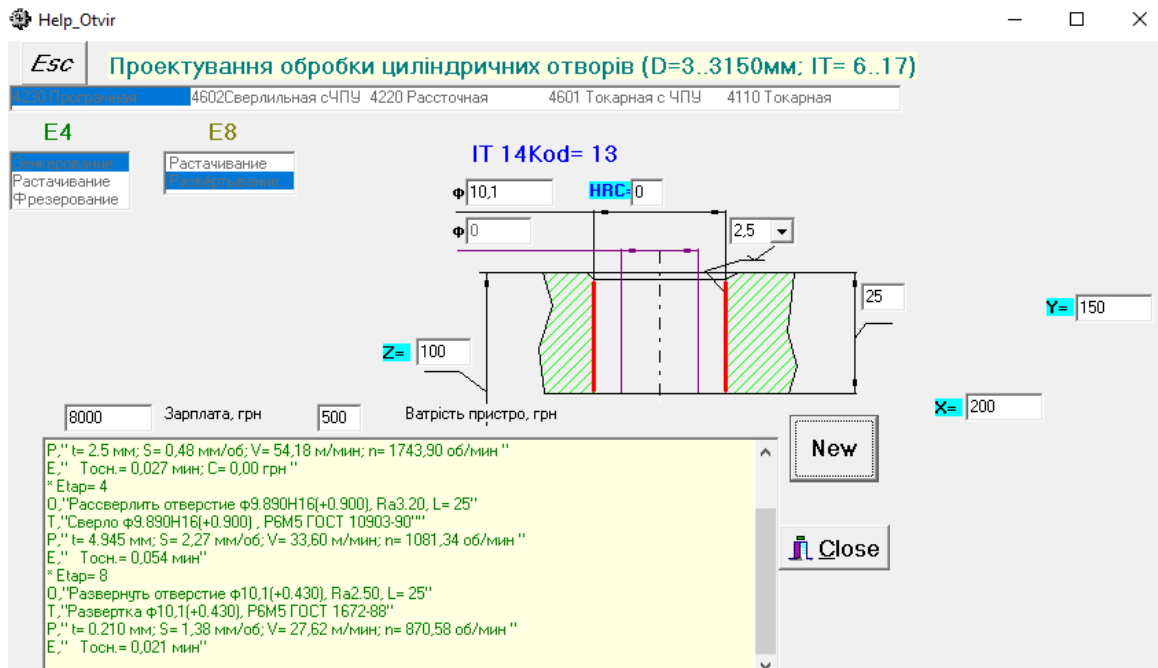


Рис. 1.24. Оброблення поверхні №17

Для проектування оброблення поверхні № 18 ми використовуємо режим «Різь внутрішня».

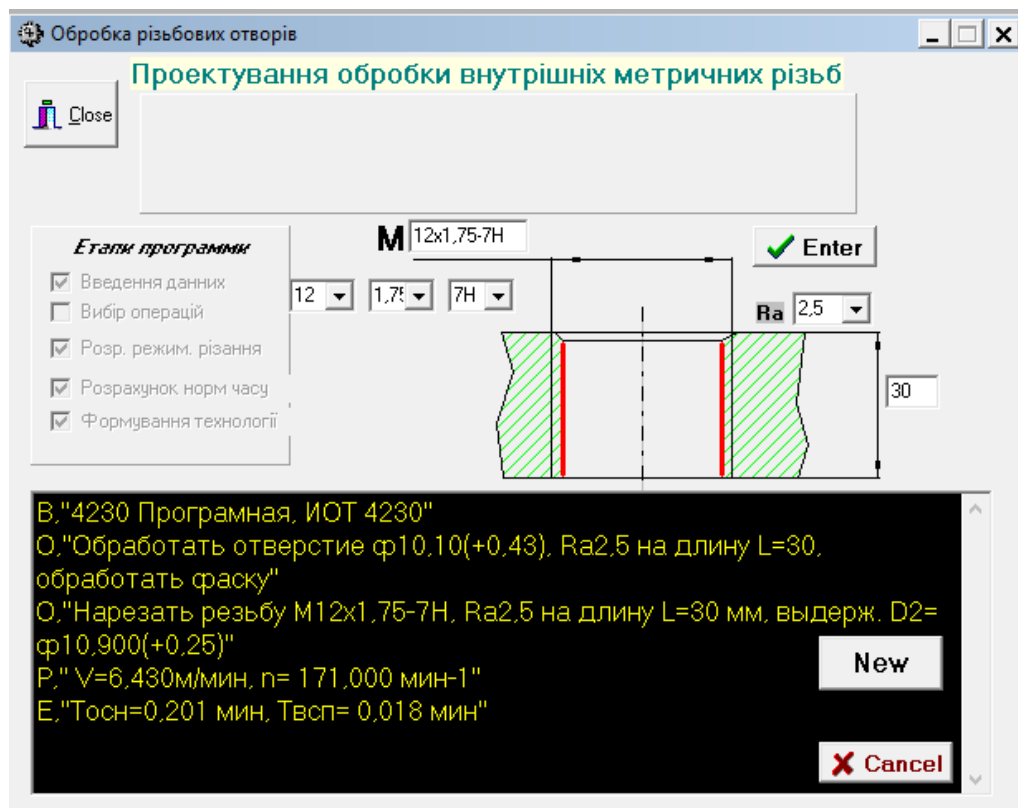


Рис. 1.25. Оброблення поверхні №18

## 1.7 Проектування принципової схеми ТП

На попередній фазі проектування технологічного процесу необхідно визначити загальний процес обробки поверхні. Загальний процес обробки визначається з урахуванням того, що всі обробні поверхні заготовки обробляються багатофункціональними фрезерними та розточувальними верстатами з ЧПУ. Типові методи обробки поверхні ґрунтуються на використанні технологічних переходів при фрезеруванні, бурінні та бурінні. При проектуванні ТП заготовка вважається складною взаємопов'язаною поверхнею. Аналіз технічних процесів, що працюють з різними класами деталей різних машинобудівних компаній, виявив 13 технічних етапів. [2]

Перший етап **E1** призначений для одержання заготовки та її первісної термообробки.

Другий етап **E2** застосовується для видалення «зайвих», тобто- науково не обґрунтованих припусків. [2]

Третій етап **E3** призначений для термообробки заготовки після її чорнової обробки.

Четвертий етап **E4** забезпечує напівчистову стадію обробки лезвійним інструментом і характеризується показниками: **IT $\geq$ 10, Ra $\geq$ 2.5**. [2]

П'ятий етап **E5** призначений для виконання насичення поверхонь вуглецем, що в подальшому забезпечує можливість їх загартування із застосуванням струмів високої частоти. [2]

Шостий етап **E6** забезпечує ті ж якісні показники (**IT $\geq$ 10, Ra $\geq$ 2.5**), що і четвертий етап, але використовується для поверхонь які не підлягають цементації. [2]

Сьомий етап **E7** призначений для виконання загартування деталі або її окремих поверхонь. [2]

Восьмий етап **E8** забезпечує чистову стадію обробки різанням або напівчистову стадію обробки шліфуванням і використовується для досягнення точності та шорсткості поверхні на рівні: **IT $\geq$ 6, Ra $\geq$ 0.63**. [2]

Дев'ятий етап **E9** забезпечує насичення поверхні азотом, азотом та вуглецем, кадмієм і т.д., що покращує експлуатаційні характеристики поверхні. [2]

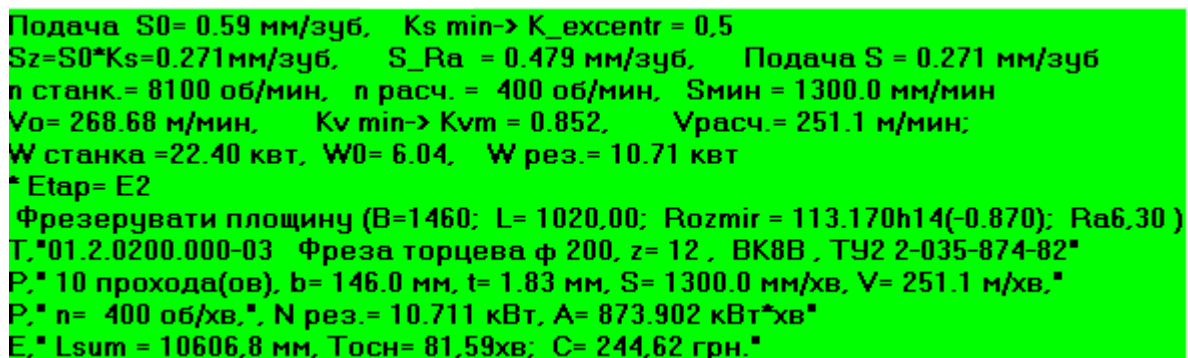
Десятий етап **E10** подібно шостому, використовується для видалення шару насичення. [2]

Одинадцятий етап **E11** забезпечує чистову стадію обробки шліфуванням і використовується для досягнення точності та шорсткості поверхні рівні: **IT $\geq$ 5, Ra $\geq$ 0.2**.

Дванадцятий етап **E12** обіймає операції покриття поверхонь деталей шаром інших, ніж матеріал деталі, матеріалів, або їх сполук з використанням технології електрохімічної обробки, напиленням, лазерної технології. [2]

Тринадцятий етап **E13** забезпечує викінчувальну обробку поверхонь і використовується для покращення показників шорсткості поверхні до рівня **Ra $\geq$ 0.05**. [2]

Для визначення етапів обробки деталі «Кришка», скористаємось програмою «Sapr\_2020». Ця програма дозволяє підібрати режими різання, визначити трудомісткість, собівартість і т.д.. Знизу наведенні режими різання для фрезерування поверхні 1020x1460.



Подача S0= 0.59 мм/зуб. Ks min-> K\_excentr = 0.5  
Sz=S0\*Ks=0.271мм/зуб. S\_Ra = 0.479 мм/зуб. Подача S = 0.271 мм/зуб  
n станк.= 8100 об/мин, n расч. = 400 об/мин, Sмин = 1300.0 мм/мин  
Vo= 268.68 м/мин, Kv min-> Kvm = 0.852, Vрасч.= 251.1 м/мин;  
W станка =22.40 кВт, W0= 6.04, W рез.= 10.71 кВт  
\* Etap= E2  
Фрезерувати площину (B=1460; L= 1020.00; Rozmir = 113.170h14(-0.870); Ra6.30 )  
T.\*01.2.0200.000-03 Фреза торцева ф 200, z= 12, BK8B, TY2 2-035-874-82"  
P.\* 10 прохода(ов), b= 146.0 мм, t= 1.83 мм, S= 1300.0 мм/хв, V= 251.1 м/хв."  
P.\* n= 400 об/хв.", N рез.= 10.711 кВт, A= 873.902 кВт\*хв"  
E.\* Lsum = 10606.8 мм, Тосн= 81.59хв; C= 244.62 грн."

Рисунок 1.26 – Режими різання при фрезеруванні деталі «Кришка»

Також ми можемо розрахувати режими різання при нарізанні нарізі. Наприклад, візьмемо різьбу M12x1,5-7H.

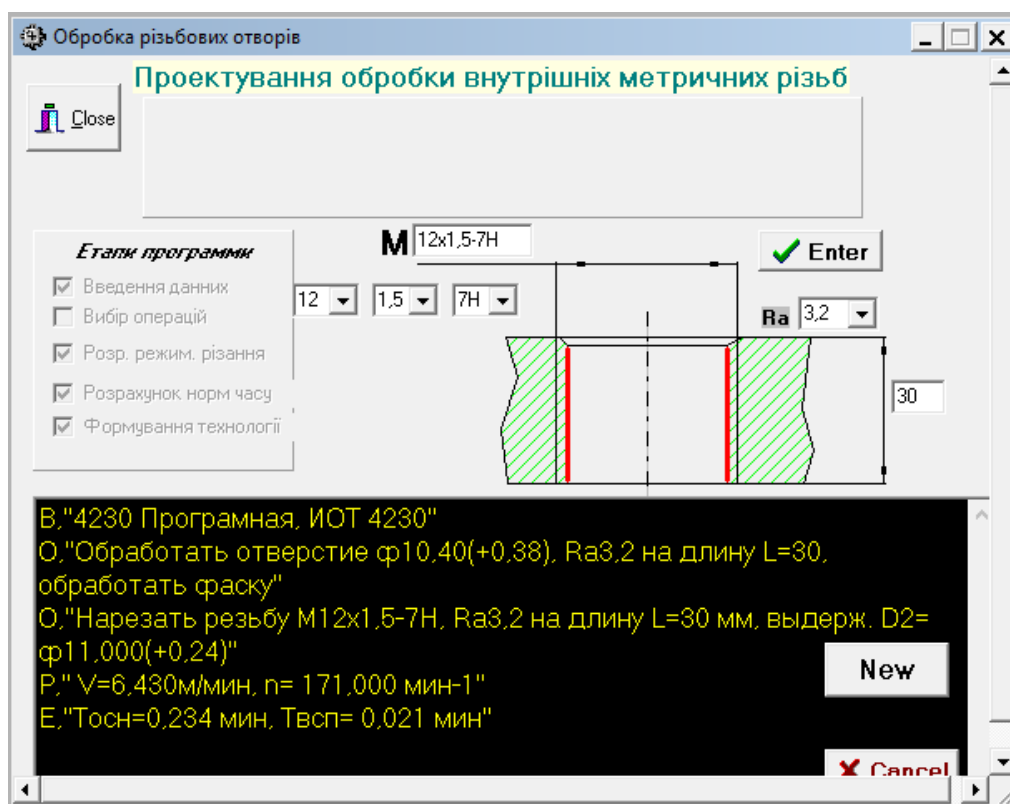


Рисунок 1.27 – Режими різання та параметри шорсткості поверхні при нарізанні різьби

В табл.1.9 наведена принципова схема ТП оброблення деталі «Кришка».

Таблица 1.4 - Принципова схема ТП деталі «Кришка»

N. п	Розмір, Ra	Роз м. заго т.	Е2 Чорнова обр.	Е4 Напівчистова обр.	Е8 Чистова обр.	Е11 Викінчувальна обр.
1	110h14, Ra6,3	115		Фр <sub>1</sub> , 110h14 (-0,87); Ra 6,3		
2	ø110, L=110, Ra2,5	ø0	Св <sub>2</sub> , ø30H14, L=110, Ra3,2	Розт <sub>2</sub> , ø109,1H16 (+0,87); L=110; Ra3,2	Розт <sub>2</sub> , ø110 (+0,87), L=110; Ra2,5	

3	90h14, Ra3,2	110		Фр <sub>3</sub> , 90h14 (-0,87); Ra 3,2		
4	ø10,10, L=25, Ra2,5	0	СВ <sub>4</sub> , ø4,95, L=25,Ra2,5	РозСВ <sub>4</sub> ; ø9,890H16 (+0,90),L=25, Ra3,2	РозВ <sub>4</sub> ; ø10,1 (+0,43);L=25; Ra2,5	
5	M12- 7H,L=30,Ra 2,5	ø10, 10		Нар.різб <sub>5</sub> ; M12- 7H, L=30,Ra3,2, витр. D=11,0 (+0,25)		
6	ø20,80, L=55, Ra3,2	0	СВ <sub>6</sub> , ø20,060 L=55,Ra3,2	Зенк <sub>6</sub> ; ø20,8 (+0,52),L=55, Ra3,2		
7	M24- 7H,L=55,Ra 3,2	ø20, 8		Нар.різб <sub>7</sub> ; M24- 7H, L=55,Ra3,2, витр. D=22,1 (+0,34)		
8	ø14,4, L=95, Ra2,5	0	СВ <sub>8</sub> , ø13,470, L=95,Ra3,2	Зенк <sub>8</sub> ; ø14,170H16 (+1,1),L=95, Ra3,2	РозВ <sub>8</sub> ; ø14,4 (+0,43);L=25; Ra2,5	
9	M16x1,5- 7H,L=95,Ra 2,5	ø14, 4		Нар.різб <sub>9</sub> ; M16x1,5-7H, L=95,Ra2,5, витр. D=15,0 (+0,24)		
10	90h14, Ra6,3	95		Фр <sub>10</sub> , 90h14 (-0,87); Ra 6,3		
11	110h12, Ra3,2	115		Фр <sub>11</sub> , 110h12 (-0,87); Ra 3,2		
12	95h12, Ra1,6	110	Фр <sub>12</sub> , 105,751h12 (-0,35); Ra 12,5	Фр <sub>12</sub> , 98,518h12 (-0,35); Ra 6,3	Фр <sub>12</sub> , 95h12 (-0,35); Ra 1,6	
13	ø39, L=90, Ra1,25	ø0	СВ <sub>13</sub> , ø38,640; L=90;Ra3,2	Зенк <sub>13</sub> ; ø38,640H16 (+1,6),L=90, Ra3,2	РозВ <sub>13</sub> ; ø38.9H16 (+1.6);L=90; Ra2,5	РозВ <sub>13</sub> ; ø39H8 (+0,62); L=90; Ra1,25



14	ø90, L=90, Ra1,25	ø0	СВ <sub>14</sub> , ø88,67;L =90;Ra3,2	Зенк <sub>14</sub> ; ø89,580H16 (+2,2),L=90, Ra3,2	РозВ <sub>14</sub> ; ø89,880H16 (+2,2);L=90; Ra2,5	РозВ <sub>14</sub> ; ø90H8 (+0,87); L=90; Ra1,25
15	ø32,80, L=55, Ra3,2	0	СВ <sub>15</sub> , ø32,010 L=55,Ra3,2	Зенк <sub>15</sub> ; ø32,8 (+0,62),L=55, Ra3,2		
16	M36- 7H,L=55,Ra 2,5	ø32, 8		Нар.різб <sub>16</sub> ; M36- 7H, L=90,Ra2,5, втр. D=34,1 (+0,34)		
17	ø10,10, L=25, Ra3,2	0	СВ <sub>17</sub> , ø4,95, L=25,Ra2,5	Розсв <sub>17</sub> ; ø9,890H16 (+0,90),L=25, Ra3,2	РозВ <sub>17</sub> ; ø10,1 (+0,43);L=25; Ra2,5	
18	M12- 7H,L=30,Ra 3,2	ø10, 10		Нар.різб <sub>5</sub> ; M12- 7H, L=30,Ra3,2, втр. D=10,9 (+0,25)		

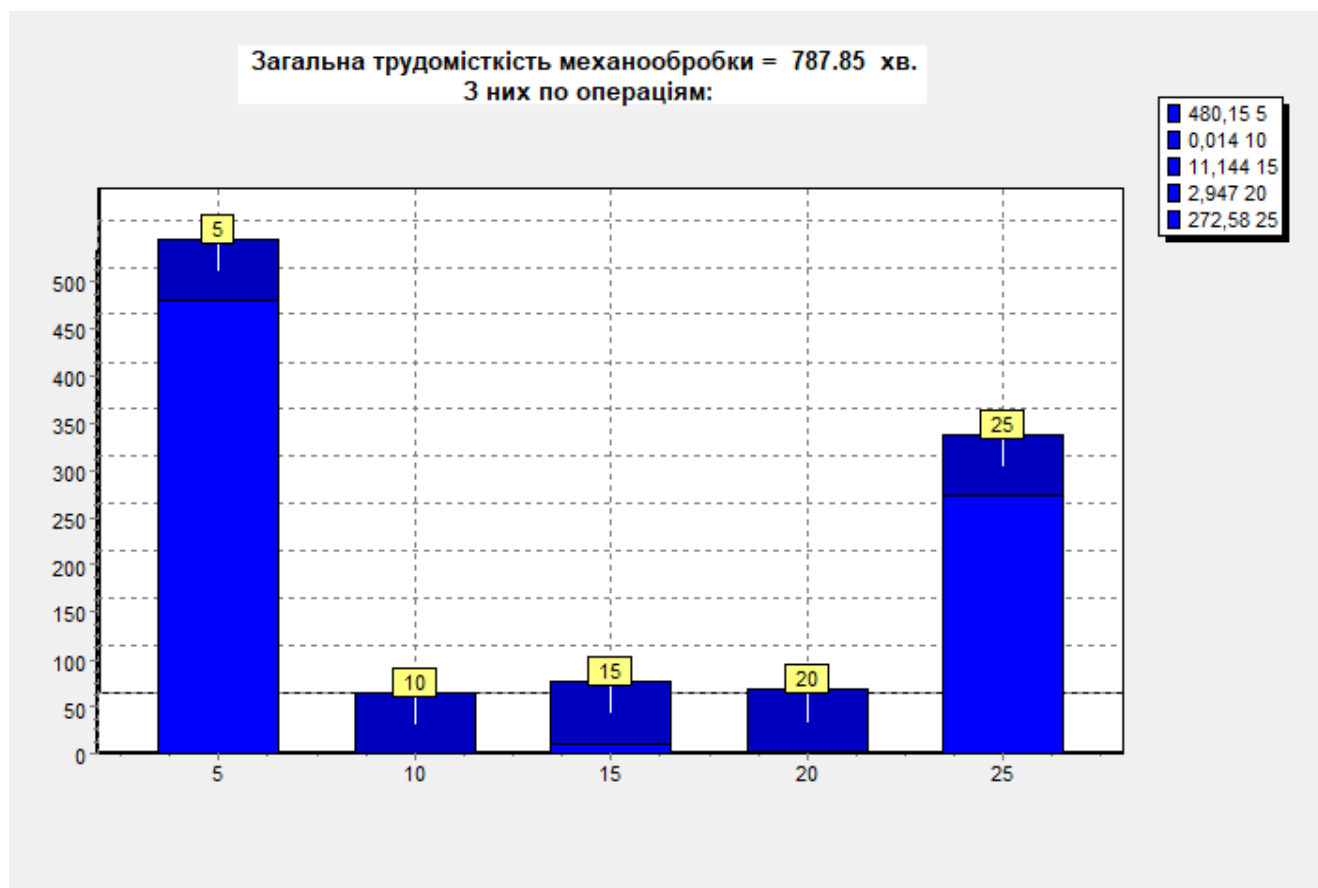


Рис.1.28 Діаграма загальної трудомісткості механообробки

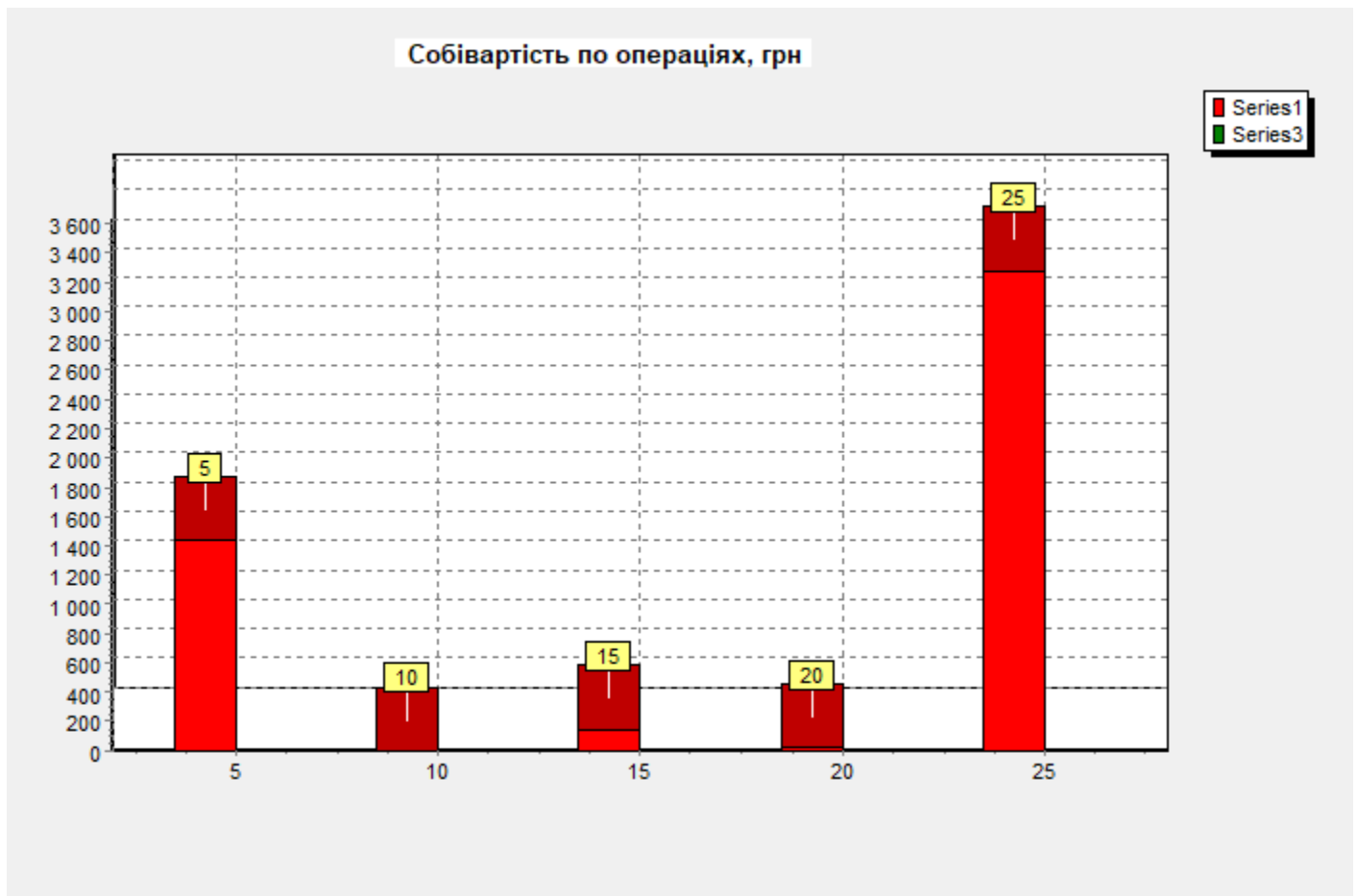


Рис.1.29 Діаграма собівартості по операціям

### 1.8 Основи методики формалізованого синтезу

Результатом при побудові конструкції є одна або кілька деформацій схеми ТП, інформація про форму заготовки, розмір поверхні заготовки (необхідна якість) та відносну довжину положення та кут. З роботи. Інформація про поверхню заготовки, інформація про форму та розміри заготовки, інформація про процес випуску.

Метою проектування на цьому рівні є вибір найбільш розумної зміни конфігурації та послідовності технічних операцій, а також вибір технічного процесу, ріжучого обладнання та основи кріплення для кожної операції. [2]

Технологічний процес (його структура) поступово формується від молодого до старшого. Це перший ключ для формального синтезу структур ТП. Визначте порядок виконання операцій в одній з операцій та величину між поверхнею заготовки, що враховує технічні можливості, форму та розміри наявного обладнання заготовки, вимоги до

точності відносного розміщення поверхонь заготовки, лінійних та кутових розмірних ланцюгів виробничої програми , [2]

Алгоритм синтезу структури ТП складається з наступних основних блоків:

1). Формування на кожному із призначених етапів укрупнених технологічних операцій (у відповідності до типів прийнятих методів обробки). Утворюються “Токарні”, “Фрезерні”, “Свердлувальні” та інші укрупнені операції. Однак, слід відмітити, що при проектуванні ТП корпусних деталей для обробки базової поверхні слід виділяти окрему операцію. [2]

2). Ранжування укрупнених операцій – присвоєння кожній укрупненій операції відповідного рангу і встановлення таким чином послідовності їх виконання. Ранжування операцій є другим ключовим моментом формалізованого синтезу структури ТП. [2]

3). Розділення укрупнених операцій на прості і встановлення послідовності їх виконання в складі конкретної укрупненої операції. [2]

4). Вибір типу та моделі металорізального обладнання для кожної простої операції.

Рівень процесу визначається значеннями властивостей поверхні, що обробляється в конкретному процесі. Перша, друга, третя лінії тощо розрізняють поверхні. Перший тип поверхні - це основна поверхня (для деталей, що не обертаються) або поверхня основної контурної поверхні (циліндр, конус, сфера та кінець) частини обертової частини корпусу з віссю, вирівняною з віссю заготовки. Слід зазначити, що для деталей, що обертаються, "обертове тіло" має найвищий ранг. Тому що порядок обробки не впливає на відносне положення (при обробці з установки). Для не обертових частин кузова, з іншого боку, поверхня першого ряду завжди однакова. Обробка поверхні першого порядку не потребує попередньої обробки. Порядок обробки поверхні другої стадії тимчасово залежить від попередньої обробки відповідної поверхні першого етапу. Аналогічно, поверхні третього та наступних рядів можуть бути оброблені лише після того, як поверхні відповідних (менших) рядків були попередньо висунуті. [2]

Рівень повної операції збільшення визначається найвищим рівнем зігнутої поверхні, що розглядається як частина операції. Наприклад, якщо певна операція обробляє кілька поверхонь другого та четвертого порядку, четверта операція призначається всій операції.

Починаючи з першого рівня, процес на кожному етапі процесу формується в порядку додавання серії технічних операцій. [2]

Порядок впровадження однорівневого масштабного технічного процесу визначається поєднанням принципів проектування та процесу. Спочатку розглянемо існування розмірного ланцюга (лінійного або кутового), який пред'являє високі вимоги до якості відносного положення деталей, таких як креслення, площини, канавки, нецентрові отвори, шестірні та різьблені поверхні. . Коли таке правило існує, воно враховує існуючі можливості обробки та "технічні пріоритети", які залежать від традиційних виробничих процесів. Наприклад, на цьому малюнку показані високі вимоги щодо забезпечення кутового розміру між зубною порожниною кільцевого шестерні та площиною ремня, що вимагає початкової обробки кільцевого шестерні. Потім можна використовувати міжзубну основу, щоб вирізати арматуру та вказати конкретний кут. Багато евристичних правил спрямовані на той самий виробничий досвід, який формалізує той самий рівень обробки поверхні. Далі подається приклад деяких таких правил: [2]

1. при визначенні послідовності обробки плоских поверхонь, пазів, нецентральных отворів, зубчатих поверхонь, шліцевих поверхонь і т.п. пріоритет, як правило, віддається плоским поверхням найбільших габаритів; [2]
2. при наявності високих вимог точності взаємного розташування зубчатих , або шліцевих поверхонь по відношенню до пазів, або нецентральных отворів, першими обробляють зубчаті, або ж шліцові поверхні. Обробка пазів та нецентральных отворів ведеться з базуванням по зубчатій, або шліцевій поверхні; при відсутності вищезазначених вимог, або коли вони невисокі, спочатку обробляють пази та нецентральных отвори, а вже потім обробляють зубчаті та шліцові поверхні; [2]
3. при наявності високих вимог до точності взаємного розташування пазів по відношенню до нецентральных отворів, першими обробляють нецентральных отвори. Далі, з базуванням по отвору, виконується обробка пазів; [2]
4. вікна, або колодязі прямокутної форми, як правило, обробляють також після нецентральных отворів. Пов'язано це з тим, що при обробці нецентральных отворів

доцільно обробити також і технологічний отвір, що забезпечить при фрезеруванні занурення кінцевої фрези на задану глибину; [2]

5. зовнішні різі з високими вимогами до їх точності, обробляються в кінці маршруту технологічного процесу з метою забезпечення неушкодженості різі при переміщенні між заготовки між робочими місцями. [2]

### 1.9 Структурно-технологічна модель

Розробка принципового представлення ТП, формування великих операцій, визначення порядку їх виконання та синтез структурної формули ТП розглядаються на прикладі деталей типу Обкладинка. Заготовка має вісімнадцять оброблюваних поверхонь.

Заготовка використовується для штампування з мінімальними відповідними відхиленнями. Передбачається, що торці не обробляються. [2]

При об'єднанні технологічних операцій та переходів по різновидам методів обробки, одержуємо такий склад укрупнених технологічних операцій та їх ранги:

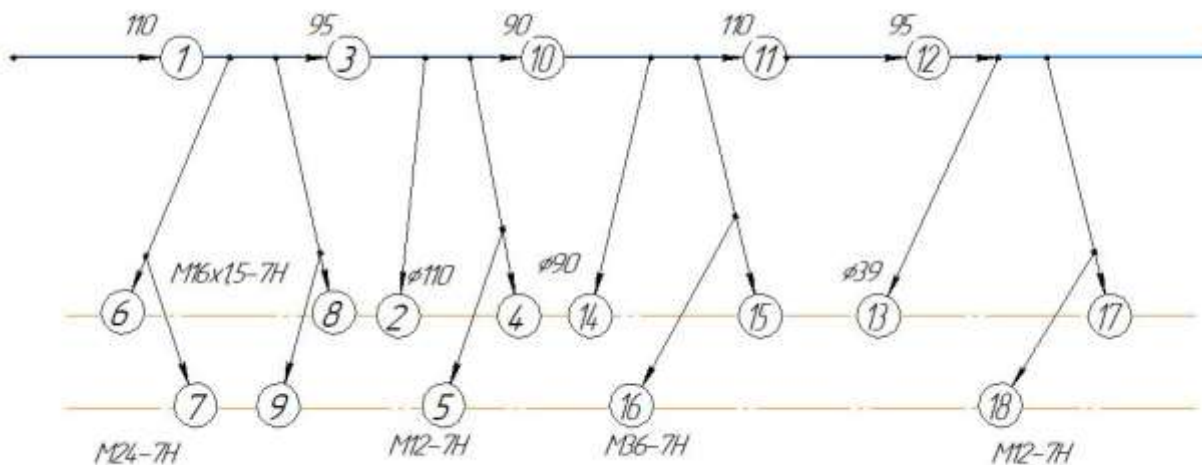


Рисунок 1.30 – Структурно-технологічна модель деталі «Кришка»

Структурно-технологічна модель показує нам послідовність параметрів обробки деталі. На ній ми можемо побачити, що спочатку фрезеруються поверхні: 1,3,10,11,12. Отримавши оброблювану поверхню, ми можемо приступити до свердління отворів: 2,4,6,8,13,15,17. І після обробки отворів ми можемо нарізати різьбу: 5,7,9,16,18.

При об'єднанні технологічних операцій та переходів по різновидам методів обробки, одержуємо такий склад укрупнених технологічних операцій ті їх ранги :

**Фрез<sup>2</sup> ( $\Phi_1 \wedge \Phi_{10} \wedge \Phi_{12}$ ) - I ранг;**

**Фрез<sup>4</sup> ( $\Phi_3 \wedge \Phi_{11} \wedge \Phi_{12}$ ) - I ранг;**

**ФРЕЗ<sup>8</sup> ( $\Phi_{p12}$ ) - I ранг;**

**СВЕРДЛ<sup>2</sup> ( $С_{в2} \wedge С_{в4} \wedge С_{в6} \wedge С_{в8} \wedge С_{в13} \wedge С_{в14} \wedge С_{в15} \wedge С_{в17}$ ) - II ранг;**

**ЗЕНК<sup>4</sup> ( $Зен_6 \wedge Зен_8 \wedge Зен_{13} \wedge Зен_{14} \wedge Зен_{15}$ ) - II ранг;**

**РізНар<sup>4</sup> ( $Р_{нр5} \wedge Р_{нр7} \wedge Р_{нр9} \wedge Р_{нр16} \wedge Р_{нр18}$ ) - III ранг;**

**Розсв<sup>4</sup> ( $Роз_4 \wedge Роз_{17}$ ) - II ранг;**

**Розв<sup>8</sup> ( $Роз_4 \wedge Роз_8 \wedge Роз_{13} \wedge Роз_{14} \wedge Роз_{17}$ ) - II ранг;**

**Розт<sup>4</sup> ( $Роз_{т2}$ ) - II ранг; Розт<sup>8</sup> ( $Роз_{т2}$ ) - II ранг;**

**Розв<sup>11</sup> ( $Роз_{13} \wedge Роз_{14}$ ) - II ранг;**

Враховуючи ранги операцій, типи поверхонь і наявні вимоги точності то, формула структури технологічного процесу приймає вигляд:

$$\begin{aligned} \text{ТП} = & \text{Фрез}^2 (\Phi_1 \wedge \Phi_{10} \wedge \Phi_{12}) \wedge \text{Фрез}^4 (\Phi_3 \wedge \Phi_{11} \wedge \Phi_{12}) \wedge \text{ФРЕЗ}^8 (\Phi_{p12}) \wedge \\ & \text{СВЕРДЛ}^2 (С_{в2} \wedge С_{в4} \wedge С_{в6} \wedge С_{в8} \wedge С_{в13} \wedge С_{в14} \wedge С_{в15} \wedge С_{в17}) \wedge \text{ЗЕНК}^4 (Зен_6 \wedge Зен_8 \wedge Зен_{13} \wedge \\ & Зен_{14} \wedge Зен_{15}) \wedge \text{Розсв}^4 (Роз_4 \wedge Роз_{17}) \wedge \text{Розт}^4 (Роз_{т2}) \wedge \text{Розт}^8 (Роз_{т2}) \wedge \text{РізНар}^4 (Р_{нр5} \wedge \\ & Р_{нр7} \wedge Р_{нр9} \wedge Р_{нр16} \wedge Р_{нр18}) \wedge \text{Розв}^8 (Роз_4 \wedge Роз_8 \wedge Роз_{13} \wedge Роз_{14} \wedge Роз_{17}) \wedge \text{Розв}^{11} (Роз_{13} \wedge Роз_{14}) \end{aligned}$$

В одержаній формулі вся фрезерна обробка в 2-му та 4-му етапі сконцентрована в одній операції. Така обробка можлива, але є недоцільною. Тому, з метою забезпечення можливості використання доцільних режимів різання необхідно укрупнену операцію 2-го та 4-го етапу розділити мінімум на дві “прості”. Остаточне рішення залежить від партії деталей та типу виробництва. При реальному проектуванні та необхідності забезпечення синхронізації, слід враховувати трудомісткість елементарних операцій. Далі подано приклад формули структури ТП при розділенні обробки в другому та четвертому етапі на дві операції. [2]

$$\begin{aligned}
\text{ТП} = \{ & \Phi \text{рез}^2 (\Phi_1 \wedge \Phi_{10} \wedge \Phi_{12}) \wedge \Phi \text{рез}^4 (\Phi_3 \wedge \Phi_{11} \wedge \Phi_{12}) \wedge \Phi \text{РЕЗ}^8 (\Phi_{\text{p}_{12}}) \wedge \\
& \text{СВЕРДЛ}^2 (\text{СВ}_2 \wedge \text{СВ}_4 \wedge \text{СВ}_6 \wedge \text{СВ}_8 \wedge \text{СВ}_{13} \wedge \text{СВ}_{14} \wedge \text{СВ}_{15} \wedge \text{СВ}_{17}) \wedge \text{ЗЕНК}^4 (\text{Зен}_6 \wedge \text{Зен}_8 \wedge \text{Зен}_{13} \wedge \\
& \text{Зен}_{14} \wedge \text{Зен}_{15}) \wedge \text{Розсв}^4 (\text{Роз}_4 \wedge \text{Роз}_{17}) \wedge \text{Розт}^4 (\text{Розт}_2) \wedge \text{Розт}^8 (\text{Розт}_2) \wedge \text{РізНар}^4 (\text{Рнр}_5 \wedge \\
& \text{Рнр}_7 \wedge \text{Рнр}_9 \wedge \text{Рнр}_{16} \wedge \text{Рнр}_{18}) \wedge \text{Розв}^8 (\text{Роз}_4 \wedge \text{Роз}_8 \wedge \text{Роз}_{13} \wedge \text{Роз}_{14} \wedge \text{Роз}_{17}) \wedge \text{Розв}^{11} (\text{Роз}_{13} \wedge \\
& \text{Роз}_{14}) \}
\end{aligned}$$

## Лістинг файлу Forma 3.txt

ГОСТ 3.1118-82 Форма 3 САПР

С серии		По серию		Листов 2		Лист 1	
НТУУ "КПИ" каф.ТМ		МТ-82мп; Br_22		Редуктор			
Корпус							
M01							
Код		ЕИ	MD	ЕН	Н.Расх.	КИМ	
M02		166	2.0	1	2.75	0.727	
Код загот.		Профиль и размеры			КД	МЗ	
M03					1	2.50	
В	Цех	Уч	РМ	Опер.	Код, наименование операции		
Г	Обозначение документа						
Д	Код, наименование оборудования						
Е	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КД	ЕН
ОП	Кшт	Тпз	Тшт				
В 04 5 4230 Програмная, ИОТ 4230 Д 05 Многоцелевой станок НААС_ЕС-500 О 06  А. Установити заготовку та закріпити, 07  після обробки відкріпити та зняти Фр8 0; Rozmir = 110h14(-0.870); Ra6,30 Т 09 01.2.0200.000-02 Фреза торцева ф 160, z= 10 , Т5К10 , Т Т 10 У2 2-035-874-82 Р 11  12 прохода(ов), b= 121.7 мм, t= 1.83 мм, S= 351.0 мм/ Р 12 хв, V= 213.3 м/хв, Р 13  n= 424 об/хв," , N рез.= 5.020 кВт, А= 2176.984 кВт*хв Е 14  Lsum = 12685,5 мм, Тосн= 433,69хв; С= 1397,54 грн. Фр5 0; Rozmir = 90h14(-0.870); Ra3,20 Т 16 01.2.0200.000-02 Фреза торцева ф 160, z= 10 , Т5К10 , Т Т 17 У2 2-035-874-82 Р 18  2 прохода(ов), b= 115.0 мм, t= 1.83 мм, S= 360.0 мм/хв, V= Р 19 216.6 м/хв, Р 20  n= 431 об/хв," , N рез.= 4.738 кВт, А= 13.865 кВт*хв Е 21  Lsum = 526,8 мм, Тосн= 2,93хв; С= 38,73 грн. Е 22 Ссум.= 1436,27грн В 24 10 4230 Програмна . ИОТ 68 Д 25 Багатоцільовий верстат НААС_ЕС-500 О 26  А. Установити заготовку та закріпити, 27  після обробки відкріпити та зняти О 28 1. Розточити отвір Ф 110Н7, L= 110.00, Ra 2.50 Т 29 К.01.4341.000-01 Різець розточн. з мех.кріпл. ром Т 30 біч.пл.; Fi=93 грд., 25х20, Т5К10, ТУ В Р 31  t= 7.50 мм, S= 1,62 мм/об, V= 1880,27 м/хв, n= 5441 об/ Р 32 хв, N= 0.25 кВт							
Разраб.		Молодой					
Провер.		Войтенко					
Н.Контр.		Войтенко					



ГОСТ 3.1118-82 Форма 3а САПР

С серии		По серию		Листов 2		Лист 2					
НТУУ "КПИ" каМТ-82мп; Br_22				Редуктор							
В	Цех	Уч	РМ	Опер.	Код, наименование операции						
Г	Одозначение документа										
Д	Код, наименование оборудования										
Е	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт
Е 01	Тосн= 0.013 хв; А = 0,00 кВт*хв; С= 0,71 грн										
Е 02	Н.Часу= 0.01хв; Асум.= 1118,66кВт*мин										
Е 03	Ссум.= 0,71грн										
В 05	15 4230 Програмная, ИОТ 4230										
О 06	1. Сверлить отверстие ф4.945, Ra3.20, L= 25										
Т 07	Сверло ф4.945 , Р6М5 ГОСТ 10903-90"										
Р 08	t= 2.5 мм; S= 0,48 мм/об; V= 54,18 м/мин; n= 1743,90										
09	об/мин										
Е 10	Тосн.= 0,027 мин; С= 0,384 грн										
О 11	2. Рассверлить отверстие ф9.890Н16(+0.900), Ra3.20, L= 25										
Т 12	Сверло ф9.890Н16(+0.900) , Р6М5 ГОСТ 10903-90"										
Р 13	t= 4.945 мм; S= 2,27 мм/об; V= 33,60 м/мин; n= 1081,34										
14	об/мин										
Е 15	Тосн.= 0,054 мин; С= 0,768 грн										
О 16	3. Развернуть отверстие ф10,1(+0.430), Ra2.50, L= 25										
Т 17	Развертка ф10,1(+0.430), Р6М5 ГОСТ 1672-88										
Р 18	t= 0.210 мм; S= 1,38 мм/об; V= 27,62 м/мин; n= 870,58										
19	об/мин										
Е 20	Тосн.= 0,021 мин; С= 0,298 грн										
О 21	4. Сверлить отверстие ф20.060, Ra3.20, L= 55										
Т 22	Сверло ф20.060 , Р6М5 ГОСТ 10903-90"										
Р 23	t= 10.0 мм; S= 0,79 мм/об; V= 43,22 м/мин; n= 661,36										
24	об/мин										
Е 25	Тосн.= 0,294 мин; С= 4,183 грн										
О 26	5. Зенкеровать отверстие ф20,8(+0.520), Ra3.20, L= 55										
Т 27	Зенкер ф20,8(+0.520) , Р6М5 ГОСТ 12489-71										
Р 28	t= 0.740 мм; S= 1,61 мм/об; V= 38,65 м/мин; n= 591,54										
29	об/мин										
Е 30	Тосн.= 0,058 мин; С= 0,825 грн										
О 31	6. Сверлить отверстие ф13.470, Ra3.20, L= 95										
Т 32	Сверло ф13.470 , Р6М5 ГОСТ 10903-90"										
Р 33	t= 6.7 мм; S= 0,50 мм/об; V= 52,24 м/мин; n= 1173,41										
34	об/мин										
Е 35	Тосн.= 0,367 мин; С= 5,221 грн										
О 36	7. Зенкеровать отверстие ф14.170Н16(+1.100), Ra3.20, L= 95										
Т 37	Зенкер ф14.170Н16(+1.100) , Р6М5 ГОСТ 12489-71										
Р 38	t= 0.700 мм; S= 1,37 мм/об; V= 42,42 м/мин; n= 953,01										
39	об/мин										
Е 40	Тосн.= 0,073 мин; С= 1,038 грн										
О 41	8. Развернуть отверстие ф14,4(+0.430), Ra2.50, L= 95										
Т 42	Развертка ф14,4(+0.430), Р6М5 ГОСТ 1672-88										

Е 44	Н.Вр= 0.98мин; Ссум.= 12,72грн	
-----		
МК/КТП	Операционная карта универсальная	06.12.2019
-----		

ГОСТ 3.1118-82 Форма 3а САПР

С серии		По серию		Листов 2		Лист 3	
НТУУ "КПИ" каМТ-82мп; Br_22				Редуктор			
В	Цех	Уч	РМ	Опер.	Код, наименование операции		
Г	Одозначение документа						
Д	Код, наименование оборудования						
Е	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КД	ЕН  ОП  Кшт   Тпз   Тшт
Р 01	t= 0.230 мм; S= 1,38 мм/об; V= 27,62 м/мин; n= 610,62						
02	об/мин						
Е 03	Тосн.= 0,113 мин; С= 1,607 грн						
О 04	9. Сверлить отверстие ф20Н14, Ra3.20, L= 90						
Т 05	Сверло ф20Н14 , Р6М5 ГОСТ 10903-90"						
Р 06	t= 10.0 мм; S= 1,17 мм/об; V= 33,30 м/мин; n= 280,00						
07	об/мин						
Е 08	Тосн.= 0,447 мин; С= 6,360 грн						
О 09	10. Рассверлить отверстие ф37.850, Ra3.20, L= 90						
Т 10	Сверло ф37.850 , Р6М5 ГОСТ 10903-90"						
Р 11	t= 8.9 мм; S= 2,87 мм/об; V= 39,06 м/мин; n= 321,78 об/мин						
Е 12	Тосн.= 0,847 мин; С= 12,051 грн						
О 13	11. Зенкеровать отверстие ф38.640Н16(+1.600), Ra3.20, L= 90						
Т 14	Зенкер ф38.640Н16(+1.600) , Р6М5 ГОСТ 12489-71						
Р 15	t= 0.790 мм; S= 2,20 мм/об; V= 30,46 м/мин; n= 250,90						
16	об/мин						
Е 17	Тосн.= 0,163 мин; С= 2,319 грн						
О 18	12. Развернуть отверстие ф38.900Н16(+1.600), Ra2.50, L= 90						
Т 19	Развертка ф38.900Н16(+1.600), Р6М5 ГОСТ 1672-88						
Р 20	t= 0.260 мм; S= 1,38 мм/об; V= 27,62 м/мин; n= 226,04						
21	об/мин						
Е 22	Тосн.= 0,288 мин; С= 4,097 грн						
О 23	13. Развернуть отверстие ф39(+0.620), Ra1.25, L= 90						
Т 24	Развертка ф39(+0.620), Р6М5 ГОСТ 1672-88						
Р 25	t= 0.100 мм; S= 2,74 мм/об; V= 17,14 м/мин; n= 139,92						
26	об/мин						
Е 27	Тосн.= 0,234 мин; С= 3,329 грн						
О 28	14. Сверлить отверстие ф30Н14, Ra3.20, L= 90						
Т 29	Сверло ф30Н14 , Р6М5 ГОСТ 10903-90"						
Р 30	t= 15.0 мм; S= 1,50 мм/об; V= 33,89 м/мин; n= 179,78						
31	об/мин						
Е 32	Тосн.= 0,613 мин; С= 8,722 грн						
О 33	15. Рассверлить отверстие ф60Н14, Ra3.20, L= 90						
Т 34	Сверло ф60Н14 , Р6М5 ГОСТ 10903-90"						
Р 35	t= 15.0 мм; S= 3,45 мм/об; V= 31,28 м/мин; n= 148,25						
36	об/мин						
Е 37	Тосн.= 1,225 мин; С= 17,430 грн						
О 38	16. Расточить отверстие ф67.17Н14, Ra3.20, L= 90						
Р 39	t= 3.6 мм; S= 0,40 мм/об; V= 80,00 м/мин; n= 342,59 об/мин						
Е 40	Тосн.= 0,593 мин; С= 8,437 грн						
О 41	17. Расточить отверстие ф74.33Н14, Ra3.20, L= 90						
Р 42	t= 3.6 мм; S= 0,40 мм/об; V= 80,00 м/мин; n= 312,45 об/мин						
Е 44	Н.Вр=5.96мин; Ссум.= 77,07грн						







## **Глава 2. Аналіз впливу варіативних параметрів інформаційної моделі торцевого фрезерування на трудомісткість і собівартість**

Відповідно до завдання дослідження залежних економічних показників при фрезеруванні надається своєрідний істотний варіант вимог інформаційної моделі фрезерних переходів комп'ютерну програму „Система автоматизованого проектування технологічних процесів механічної обробки SAPR\_2020” [2] Войтенко В.І.

САПР ТП «Sapr\_2020» забезпечує інтерактивне проектування (в діалоговому режимі) технологічних процесів обробки деталей конструкції. Він також оснащений модулями для алгоритмічного визначення шляхів обробки типових машинних підповерхонь. Одночасно проводиться технічна нормалізація запланованих операцій. [2]

САПР ТП дозволяє створювати онлайн-технологічні процеси для обробки деталей будь-якої форми. "Sapr\_2020" також оснащений алгоритмічними модулями для створення планів (маршрутів) для обробки типових поверхонь деталей машин. Одночасне призначення методів обробки, припуски обробки, розрахунки між експлуатаційними змінними з присвоєнням вимог щодо точності та шорсткості поверхні. Для технологічних переходів обчислюються режими перетину, основна складова часу та витрата енергії на обробку. [2]

Основні відмінності «Sapr\_2020» від існуючих систем:

1. використання графічного інтерфейсу при формуванні інформаційних моделей поверхонь деталей та технологічних переходів;
2. наявність алгоритмічних модулів призначення маршруту (плану) обробки найбільш розповсюджених типів поверхонь.

Наявність алгоритмічних модулів надає проектувальнику можливість одержання рекомендацій про доцільний варіант плану (маршруту) обробки в залежності від кінцевих вимог до розмірних і якісних параметрів типової поверхні.

План обробки детально підібраний до розмірів ферм з їх вимогами до точності та шорсткості поверхні. [2]

Присвоєння режимів обробки використовують багатофакторні математичні моделі, засновані на призначенні елементів режиму різання (включаючи подачу) залежно від значень фактичних умов обробки. [2]

Щоб функціонально відокремити інженерів та комп'ютери під час процесу проектування, спеціалістів із структурних питань (налаштування та послідовності процесів) потрібно призначити безпосередньо інженерам. Засоби автоматизації дизайну надають дизайнеру важливу довідкову інформацію та ініціюють інтерактивний процес для створення інформаційної моделі поверхні деталі, елементів системи системи та самого процесу. У цьому діалоговому вікні використовується спеціальна стилізована схема екрана для визначення заготовки, заготовки, обробки, типової деталі поверхні та типових технологій передачі. [2]

Діалогове вікно призначення процесів, моделей машин, конструкцій, параметрів інструменту тощо надається через альтернативні меню та пов'язані з ними бази даних. Розпізнавання інформаційних характеристик технічних переходів пропонує можливість швидкої обробки в разі випадкових помилок. [2]

Типові розрахунки: Маса деталей та заготовок забезпечуються спеціальним комп'ютером. Ролі заготовки, режими обробки та терміни виконання операцій та переходів алгоритмічно виконуються. [2]

Системне програмне забезпечення включає базове програмне забезпечення (ядро системи моніторингу), алгоритмні модулі для призначення контурів обробки типовим поверхонь машин, взаємозамінні модулі програмного забезпечення для інтерактивного проектування критичних переходів процесів та обробки робочої версії Модуль складається з ТР та модуля опису. У стандартних документах. При публікації типового документа виконується операція з визначення суми як компонента базової швидкості часу, так і часової швидкості кожної операції. [2]

На рис. 2.1. Подано скріншот головного меню системи.



Рис. 2.1. Скріншот головного меню системи.

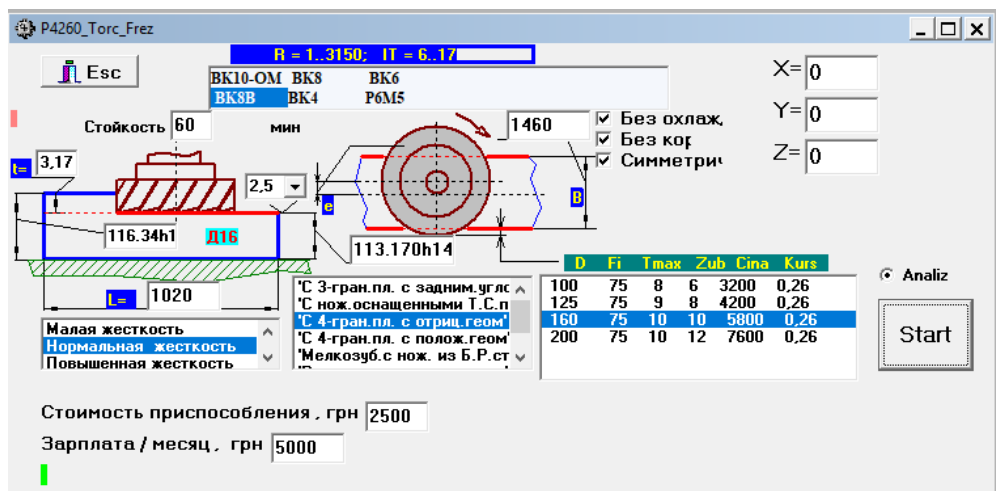


Рис.2.2. Вибір переходу «Фрезерування»

Для інтерактивної фрезерної конструкції використовується наступна послідовність режимів роботи та параметрів меню: "Експлуатація", "Фрезерування", "Фрезерування з ЧПУ", Модель машини, Назва переходу "Фрезерування". На рис. 2.2 Скріншот вибору переходу "Фрезерування". Проектування відбувається в три фази. На рис.2.3.

Відобразиться скріншот початку першого етапу. Необхідно розробити вимоги до розміру



та якості робочої поверхні, вибрати схему кріплення деталі та вибрати конструкцію фрези. Нарешті, натисніть кнопку ОК.

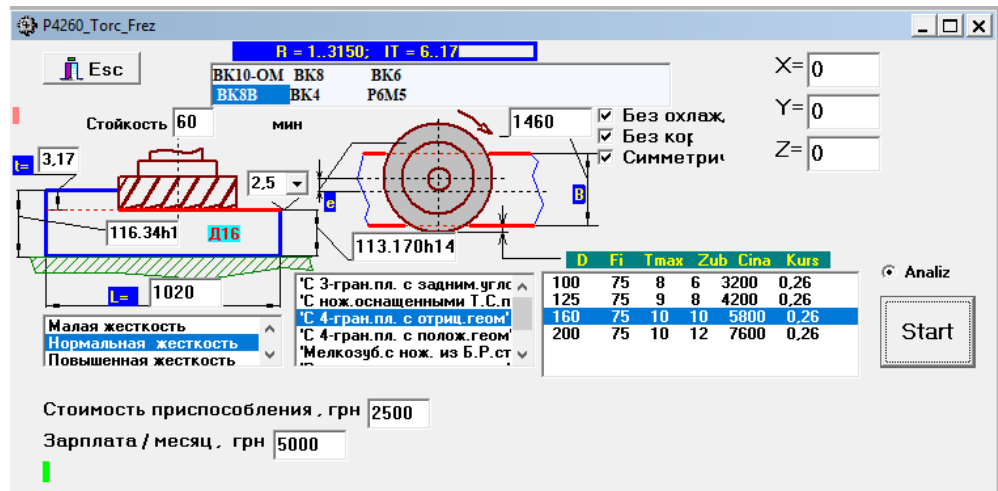


Рис. 2.3. Скріншот початку виконання першої фази проектування фрезерування

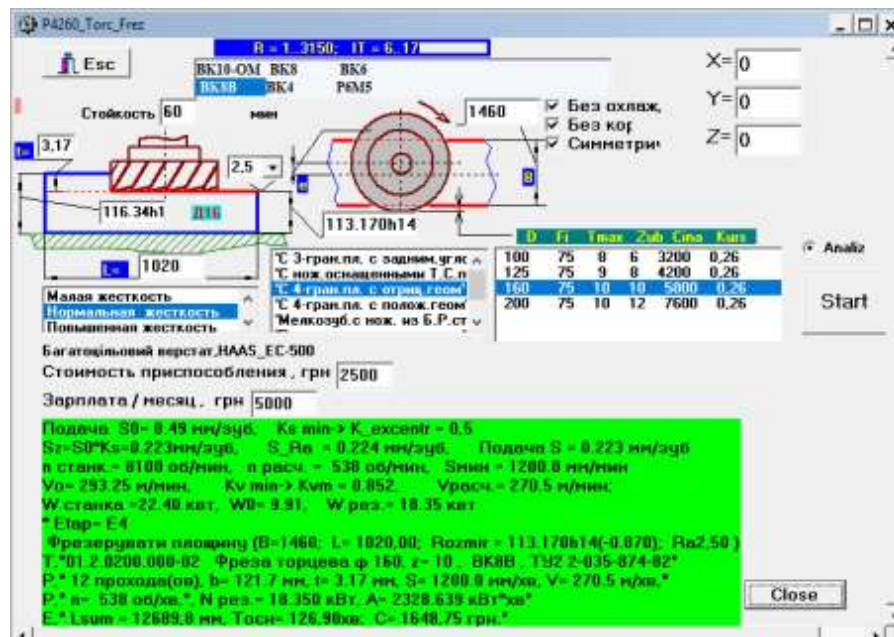


Рис. 2.4. Скріншот початку виконання другої фази проектування фрезерування

На другій фазі проектування (рис. 2.4) необхідно відрегулювати розміри та опір фрези та вибрати марку інструментального матеріалу. При натисканні кнопки «Пуск» починається третя фаза (мал. 2.5), відображаються результати обчислень режиму вирізання та відображається можливість їх редагування. Починається четверта фаза проектування (рис. 2.5).

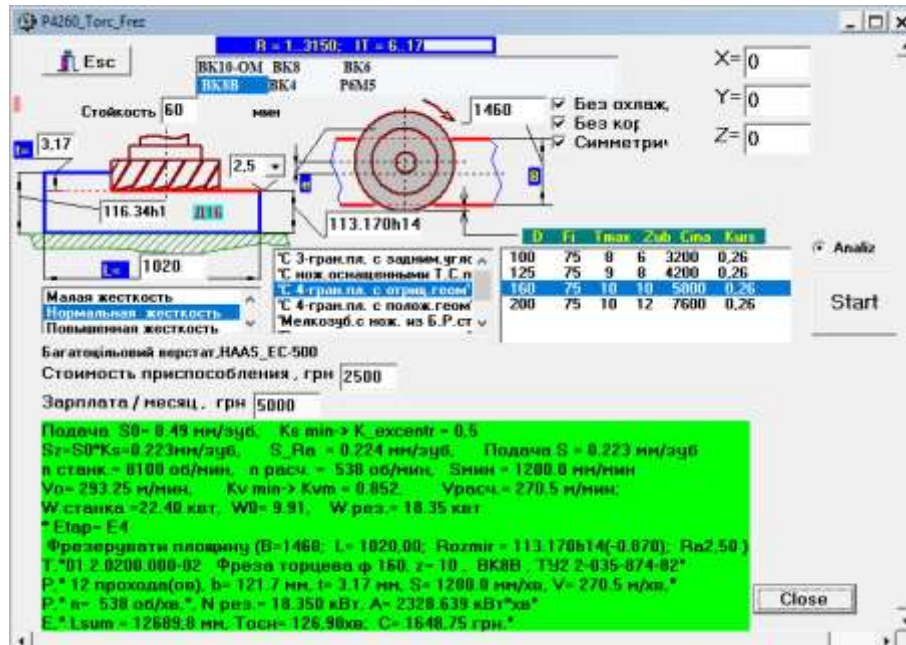


Рис. 2.5. Скріншот початку виконання четвертої фази проектування фрезерування

Під час четвертої фази фрезерування створюється типовий перехідний опис із описом дії, що надається інструментом, прийнятих режимів різання, розрахункових параметрів, включаючи основний компонент часової швидкості, та витрат на завершення переходу. Відображаються витрати на завершення переходу та значення його компонентів (рис. 2.6).

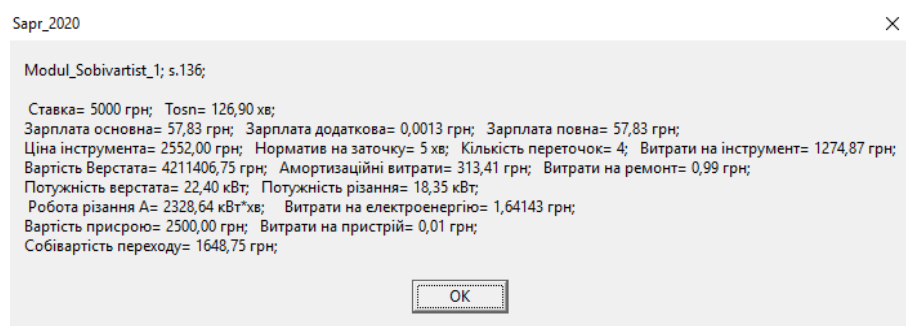


Рис. 2.6. Скріншот результатів визначення собівартості

Опис переходу фіксується в дисковому файлі робочого варіанту технологічного процесу «Text.txt». собівартість виконання переходу і значення її складових фіксується в файлі «Sobivartist.txt». При використанні кнопки «Analiz» також виводиться повідомлення з фрагментами розрахунків режимів різання (рис. 2.7)

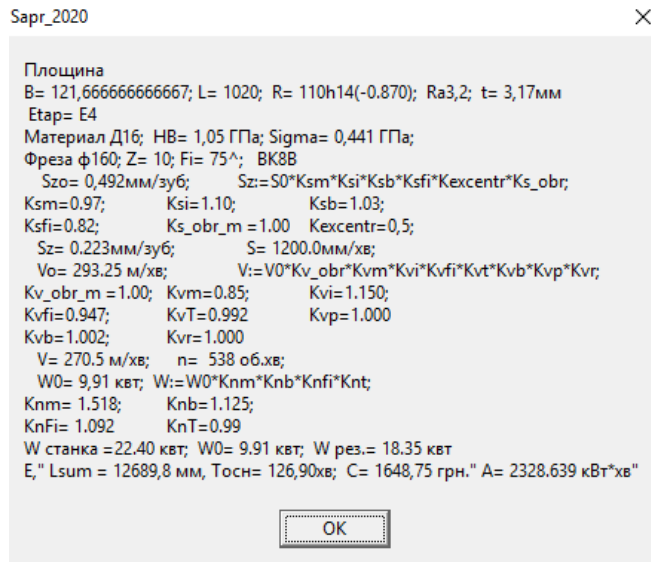


Рис. 2.7. Скріншот фрагментів процесу розрахунків режимів різання.

## 2.1 Інформаційна модель торцевого фрезерування

На процес різання впливає безліч факторів, які залежать від кінцевого результату процесу різання (точність розмірів та якість поверхні).

Ці фактори можна приблизно поділити на дві категорії: ті, на які ми можемо впливати (режими різання, інструменти тощо), і такі, що заздалегідь визначені (матеріал заготовки, глибина переходу, виробниче обладнання тощо).

Загалом на процес різання впливають такі фактори:

- Виготовлений матеріал (група, міцність на розрив, твердість, корекційний коефіцієнт  $Kv_{vp}$  для швидкості різання)
- Матеріал інструменту (подача, швидкість різання та сила)
- кінцевий розмір оброблюваної поверхні з вимогами точності (якості) та шорсткості
- глибина зрізу

- Конструкція фрези, розмір фрези, товщина пластини, основний кут у плані, спосіб кріплення плити, кількість зубців фрези.
- Схема складання заготовки
- Поверхня поверхні заготовки
- Параметри машини (максимальна жорсткість заготовки, ціна тощо)
- Подача

### **2.1.1 Фрезерування торцевими фрезами**

Фрезерування - один з найпродуктивніших методів обробки. Основний рух під час фрезерування (фрезерний рух) обертається і виконується фрезером. Рух подачі, як правило, є прямою лінією. Шліфуючи заготовки з точністю від 6 до 12, можна отримати максимальну шорсткість  $Ra = 0,8$  мкм. Фрезерування виконується за допомогою багатозубного фрезерного інструменту. [3]

Зовнішній вигляд млина різний. Циліндричний млин, виготовлений зі швидкісної сталі, передній, дисковий, різаний і вирізаний, передня форма,

Дизайн: Моноліт, попередньо зібраний, збірний.

За конструкцією: моноліт, попередньо зібраний, збірний.

При торцевому фрезеруванні (торцеве фрезерування) діаметр фрези  $D$  повинен бути більше ширини фрези  $B$ , т. е.  $D = (1,25 \dots 1,5) \cdot B$ . Для забезпечення продуктивних режимів роботи необхідно застосовувати зміщену схему фрезерування (симетрична схема), для якої вісь заготовки зміщена щодо осі фрези. [3]

При циліндричному фрезеруванні різання виконується, коли вектор швидкості (напрямок обертання фрезерування) вказує на напрям подачі. Супутнє фрезерування виконується за допомогою вектора швидкості та напрямку в один бік подачі. Верхньо-фрезерні фрези застосовуються для грубих заготовок у литих кришках великої ємності. Байпасне фрезерування застосовується для заготовок з високою жорсткістю і низькою обробкою. [3]

Глибина різання (фрезерування)  $t$  При фрезеруванні всіх типів, крім шліфувального

шпону та шпону, розмір заготовки при фрезеруванні вимірюється перпендикулярно до осі фрези. При шліфуванні шпону та шпону шліфувальні отвори вимірюють у напрямку, паралельному осі фрези. [3]

різниця в подачі на зуб  $SX$ , подачі на один оборот фрези  $S$  і хвилинної подачі  $SM$  мм / хв.

При грубому фрезеруванні призначають подачу на зуб; при чистовій фрезеруванні - подача на один оборот млини. Швидкість різання - кругова швидкість різця, яка визначається властивостями ріжучого інструменту. [3]

### 2.1.2 Торцеві фрези та їх різновиди

Торцеве фрезерування використовується для редагування площини, перпендикулярної осі фрезерного верстата в одній або декількох площинах. Використання цих різців для даного виду обробки підвищує продуктивність та точність.[4]

Торцеві фрези поділяються на насадні з дрібними (рис. 2.8., а) і з великими зубами (рис. 2.8., б) та насадні зі вставними ножами (рис. 2.8., в). [4]

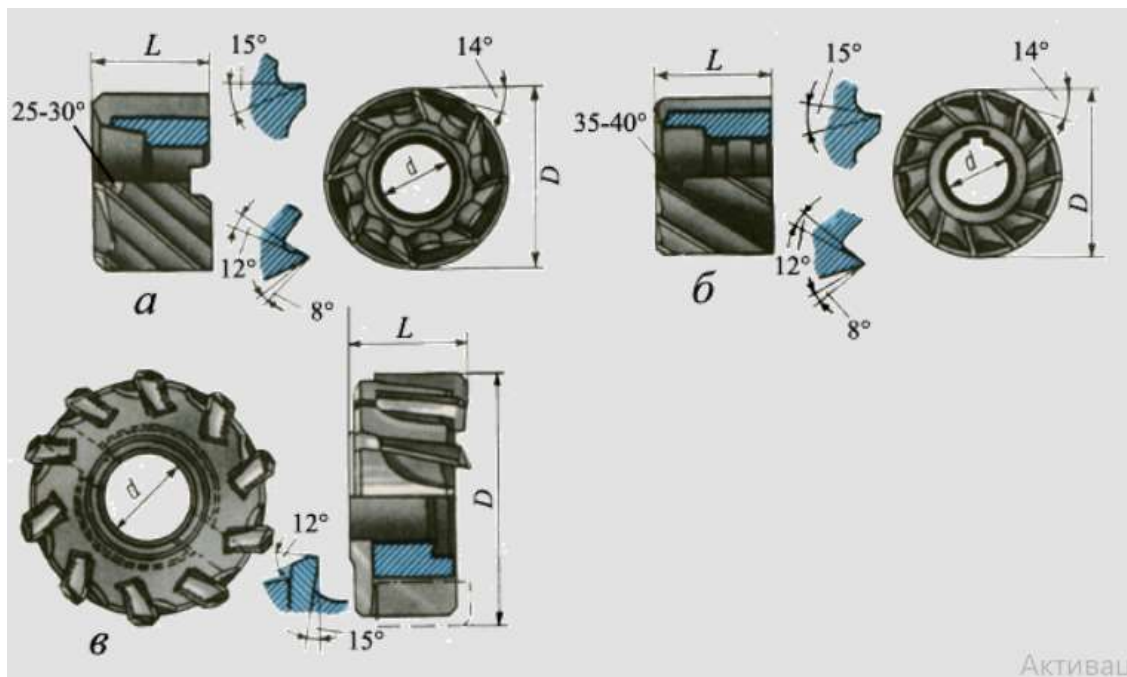


Рис. 2.8. Торцеві фрези насадні:

а — торцева фреза з дрібними зубами; б — торцева фреза з великими зубами; в —  
насадна фреза зі вставними ножами

Основними розмірами торцевих фрез є: діаметр —  $D$ , довжина фрези —  $L$ , діаметр отвору —  $d$  і кількість зубів —  $z$ .

Торцеві фрези порівняно з циліндричними мають ряд переваг, головними з яких є:  
міцніше кріплення на оправці або шпинделі;

більш плавна робота через більшу кількість одночасно працюючих зубів.

Тому оброблення площин у більшості випадків доцільно проводити торцевими фрезами. [4]

Торцеві фрези, як і циліндричні, поділяються на праворізальні та ліворізальні (рис. 2.9.).

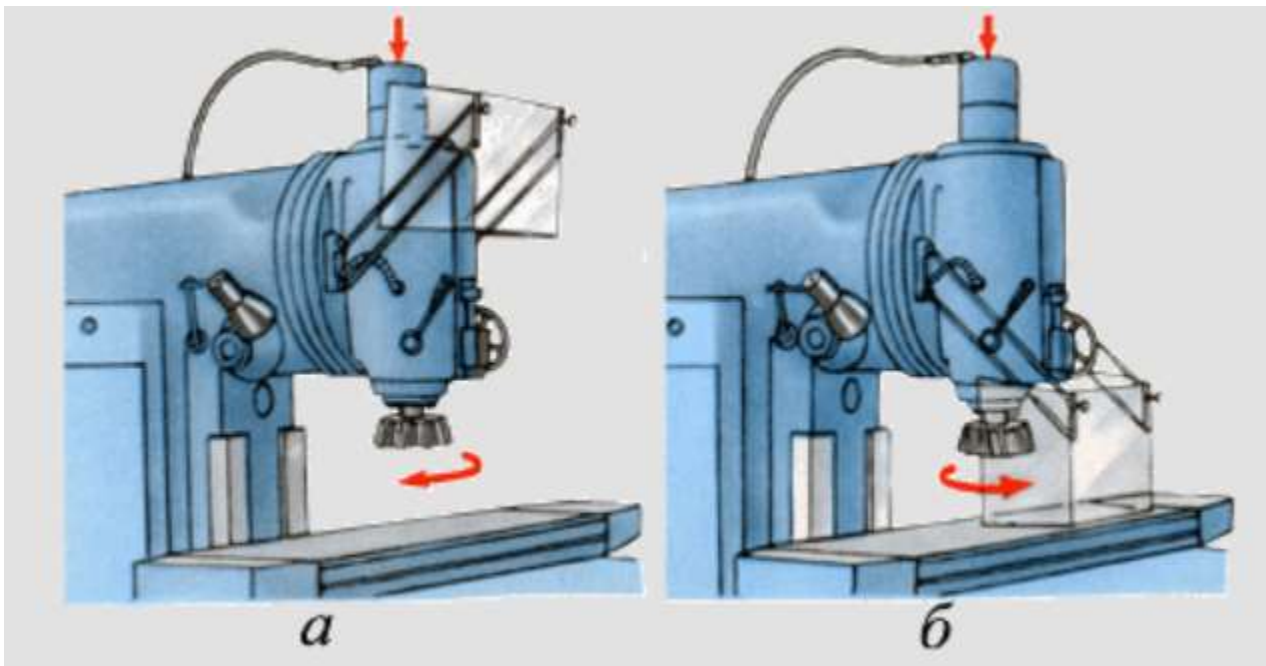


Рис. 2.9. Напрямок обертання фрез:

а — праворізка; б — ліворізка

Кінцеві фрези з твердосплавними плитами розширилися Фрезерування площин з торцевими фрезами більш продуктивна, ніж фрезерні циліндричні фрези. [4]



### 2.1.3 Режими різання

Режим різання використовується для визначення глибини, пропускної здатності та швидкості різання (залежно від зазначених специфікацій), де оброблена поверхня точність та шорсткість гарантує найбільш економічну та продуктивну обробку поверхні.

Зверніться до перших вибраних даних таблиці. Посібник Гузєєва (Машинобудування 2005) Визначає глибину різання, максимальну подачу та швидкість різання. Такий порядок вибору елементів режиму різання залежить від того, що глибина різання, яка виникає під час різання, а отже, вплив зносу і стійкості різача, невелика і впливає на вартість, зокрема на швидкість різання.

Елементи режиму різання слід вибрати для досягнення максимальної продуктивності інструменту та можливостей різальної машини (її сил, інших динамічних та приводних характеристик). Для вибору оптимального режиму різання важливо розуміти не тільки матеріал заготовки, але і геометричні параметри матеріалу ріжучого інструменту, довговічність та характеристики машини, що використовується для операції різання. Глибина різання зазвичай визначається механічною обробкою. По можливості це слід зробити за один прохід.

Споживання залежить від бажаного класу чистоти. За цих умов не тільки жорсткість заготовки, жорсткість і різальність різача, а також міцність механічного механізму, але і подача повинні бути більш прощаючими. Після того, як буде визначена сила різання на вибрану глибину різання та глибину подачі, в розрахунку можна перевірити міцність обраної секції, міцність різача та подачі машини (відомо, що залежить від стійкості матеріалу ))

У більшості випадків це не робиться, оскільки належні стандарти вибору режиму різання диктують значення подачі відповідно до розміру різача та характеристик машини.

Швидкість різання вибирається виходячи з конкретної глибини різання, швидкості подачі, стійкості різача та геометричних параметрів ріжучої частини. Швидкість різання

встановлюється відповідно до відповідного стандарту режиму різання або розраховується за емпіричними формулами.

Посилаючись на «Справочник молодого машиностроителя (Данилевский)».

#### **2.1.4 Фрезерні верстати**

Фрезерні верстати поділяються на шість категорій: фрезерні верстати загального призначення, горизонтальні фрезерні верстати, широкі фрезерні верстати, вертикально-фрезерні верстати, вертикальні горизонтально-фрезерні верстати та вертикально-фрезерні верстати. [5]

Фрезерні верстати загального призначення - це горизонтально-горизонтальні шпиндельні фрезерні верстати, призначені для використання з різними типами фрезерних верстатів. Фрезерні верстати можна використовувати як на вертикальних, так і на горизонтальних верстатах для обробки різьбових поверхонь, канавок і квадратних ниток. [5]

Горизонтальний фрезер відрізняється від універсального фрезерного верстата

Фрезерний верстат - це різальна машина з додатковою шпиндельною головкою. Ви можете обертатися під будь-яким кутом у двох площинах, перпендикулярних одна до одної. Крім інструментів, є свердла, дрилі, свердла тощо. [5]

Пуско-фрезерний верстат. Машини з вертикальними шпинделями Деякі моделі машин простягаються вздовж осі і можуть обертатися навколо горизонтальної осі, покращуючи технічні можливості машини. [5]

Вертикальні фрезерні верстати без коротких ручок призначені для різних поверхонь і канавок. У цих машин немає консолі, а поруччя та стіл рухаються вздовж рейок, прикріплених до основи. [5]

Вертикальне шліфування. Ріжучі верстати для обробки великих заготовок в основному обробляються кінцевими фрезами, але також можна використовувати циліндричне фрезерування, хвостовик, дискове фрезерування та фрезерування. -І верстати. Кожна машина має свій код, що складається з цифр і букв: перша цифра позначає групу верстата, друга - його тип. [5]



- 1 - консольні вертикально-фрезерні,
- 2 - безперервної дії,
- 3 - одностійкові поздовжно-фрезерні,
- 4 - копіювальні та гравірувальні,
- 5 - вертикальні безконсольні (із хрестовим столом),
- 6 - поздовжньо-фрезерні,
- 7 - широкоуніверсальні,
- 8 - консольні, горизонтальні,
- 9 - різні. [5]

Третій і четвертий числа представляють одну з особливостей розміру машини. Якщо літера знаходиться між першою та другою цифрами, дизайн машини змінюється. Наприклад, в останні роки фрезерні верстати загального призначення були змінені, щоб змінити коди найменувань 682, 6H82, 6M82, 6P82, 6T82 і 6P82SH. Якщо буква знаходиться в кінці номера машини, це означає, що структура важливої моделі (наприклад, 6P82M) була змінена, наприклад, на горизонтальний фрезер. Швидкісна модель 6R12B, використання діапазону 6R82SH. Різні показники роботи машини з точки зору точності: Н нормальна точність, Р висока, В висока, Дуже висока, С машина особливо точна. Різна версія використовуваного елемента керування. [5]

Фрезерний верстат також може бути обладнаний автоматичним перемикачем інструментів. Якщо механізм у барабанному форматі, буква Р (наприклад, 6R13RF3) входить до назви моделі машини і виконується у форматі драйвера інструменту М (наприклад, 6T13MF4). [5]

У деяких випадках, після введення моделі вперше, на приладну панель вставляється одно- або двозначний номер, який вказує на те, що виробник, головним чином пов'язаний з приводом або системою управління, вніс зміни в базову модель. Ці зміни відображаються в паспорті пристрою. [5]

### **2.1.5 Центр обробний горизонтальний EC-500 / 8000 об / хв / 14,9 кВт / Haas / США**

Основні характеристики:

Виробник - Haas Automation Inc

Країна - США

Серія верстата - EC

Модель EC-500

Операції Фрезерна, свердлильна

Метод формування Обробка різанням

Тип обладнання Верстат фрезерний

Оснащений усією чавунною рамою; повністю герметична захисна огорожа; сервомотор для осьового зміщення та прямої передачі крутного моменту; сидіння підшипника із загартованою сталевую стійкою; подвійні кріпильні гвинти з гайкою попереднього затягування; автоматична система змащування направляючої рейки та рециркуляційний кульовий гвинт; термічне розширення SHVP Система компенсації; зворотний бак для охолоджуючої рідини.[6]

Система охолодження, система охолодження води, пневматичний фільтр, пневматична кришка, пневматичний пістолет для видалення стружки, автоматична центральна система змащення, освітлення робочої зони, електромеханічний замок дверей для кришки робочої зони, регульовальний кронштейн, комплект ключів

Опція

Додаткові комплектуючі палети метричного виконання, конвеєр для відводу стружки

Управління

Максимальна швидкість обробки програм 1000 блоків/сек

Екран панелі керування, LCD-екран 15"

Кількість керованих осей координат/ керованих одночасно 4/ 3

Технічні характеристики верстата HAAS EC-500:

Макс. перемещение по оси X, мм813

Макс. перемещение по оси Y, мм508

Макс. перемещение по оси Z, мм711

Длина палеты/стола, мм500

Ширина палеты/стола, мм500

Максимальная нагрузка, кг454

Количество сменных палет, шт.2

Время смены палеты, сек9

Ширина Т-образных пазов, мм—

Расстояние между Т-образными пазами, мм—

Размер конуса шпинделя40

Максимальная частота вращения шпинделя, об/мин8000

Макс. мощность шпинделя, кВт14,9

Макс. крутящий момент, Нм102

Макс. осевое усилие, кН20,5

Макс. скорость холостых подач, м/мин25,4

Макс. рабочие подачи по осям, м/мин12,7

Кол-во позиций в автоматическом сменщике инструмента, шт40+1

Макс. диаметр инструмента (при занятых соседних позициях), мм76

Макс. масса инструмента, кг5,4

Время смены инструмента (среднее), сек1,6

Точность позиционирования, мм $\pm 0,0050$

Повторяемость, мм $\pm 0,0025$

Объем бака СОЖ, л303

Ориентировочная масса станка (зависит от комплектации), кг13650.

Особливості конструкції:

- Повністю лита чавунна станина
- Повністю закрите герметичне захисну огорожу
- Серводвигуни переміщень по осях з прямою передачею моменту
- Сталеві загартовані підшипникові блоки направляючих
- ШВП з подвійним кріпленням і попередньо натягнутою гайкою
- Система автоматичного змащення напрямних і ШВП
- Система компенсації теплових розширень ШВП
- Відкатна конструкція бака для МОР

Комплектації:

Базова комплектація:

Система МОР з баком на 360 л

Ручний пневмопистолет для видалення стружки з деталі і верстата

Автоматична централізована система мастила

станочное освітлення

Лампа індикації стану верстата

Електромеханічний замок дверей огорожі робочої зони

Функція автоматичного відключення верстата

Комплект регулювальних опор

Палети метричного виконання (2 шт.)

USB порт

прямое Різьбонарізання

Транспортер для видалення стружки стрічкового типу

Внутрішній автотрансформатор (354-480 В)

Відповідність нормам безпеки ЦЕ

експортна упаковка

Кнопковий вимикач для блокування пам'яті для пульта управління

Доступні опції:

5AXD Привід управління 5-ї віссю для асинхронних поворотних столів 93-4312B

P-COOL Програмоване сопло подачі MOP

8M Додаткові 8 резервних "M" -функцій

COORD Обертання координат і масштабування

EPFDM Блок раннього виявлення зникнення електроживлення

HOME Кнопка повернення для задається користувачем 2-ий вихідної позиції

HSM Опція високошвидкісної обробки

MACRO задаються користувачем макрокоманди

RJH-C Покращений пульт дистанційного керування з маховичком і кольоровим багаторядковим ЖК-дисплеєм

SOM Орієнтація шпинделя

VQC Система візуального програмування за допомогою «швидкого кодування»

ACF Додаткова система фільтрації MOP, 25-мікронних фільтр

IPS Система інтуїтивного програмування HAAS

12K Шпиндель 12000 об / хв, прямий привід, макс. потужність 22,4 кВт, натомість стандартного

4AX-E4 ЧПУ-керована вісь контролю безступінчатим поворотом робочої палети

WIPS-R-EC Бездротова система вимірювальних щупів Renishaw для серії EC

HYDRDY-E4 / 5 Підготовка верстата для установки гідравлічних затискних пристосувань

SPAL-1 Запасна палета

SMTCS-70-E5 Високошвидкісний пристрій зміни інструменту бічного виконання, 70 & bsp; INSTR., Натомість стандартного

ENET Ethernet-інтерфейс

EXPANDED-MEMORY Розширення пам'яті до 750 Мб

BT40 Опція BT40

CABCOOL Опція охолодження шафи управління верстатів HAAS

TSC Подача СОЖ через шпиндель. Тиск - 20 атмосфер (300 psi)

ENCL-EXHAUST Система для витяжки пари МОР

LK1 Комплект приладдя для кранового розвантаження

TSC1K Система подачі МОР високого тиску через шпindel, до 69 бар.[6]

## 2.2 Практична частина торцевого фрезерування

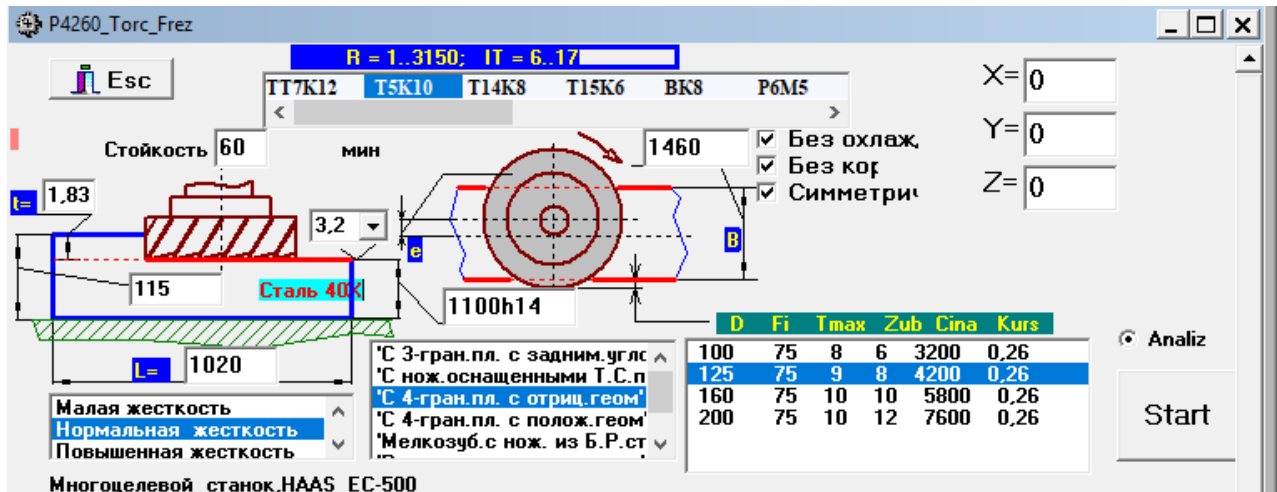


Рис. 2.10. Операція «Фрезерування»

Вихідні данні:

Деталь:

Назва – Кришка.

-Матеріал – Сталь40х (187..241 НВ).

Точність обробки поверхні – Н14.

Параметри шорсткості обробленої поверхні: Ra=3.2 мкм.

Станок HAAS EC-500;

Глибина різання – t=1,83 мм;

Вибір інструменту:

По рекомендаціям програми «Sapr\_2020» обираємо фрезу мелкозуб. с нож. из Б.Р. сталі Ø 125, Fi=75, Tmax=9, Zub=8, Cina=2100, Kurs=0,26. Рекумендований матеріал ріжучого інструмента T5K10, стійкість 60хв. При заданих параметрів оброблюваної частини, ми можемо змінювати:

- Стійкість в межах (5...240).
- Вплив інструмента.
- Діаметр фрези.
- Вплив матеріалу ріжучої частини (ТТ7К12, Т5К10, Т14К8,Т15К6,ВК8,Р6М5.).

Змінюючи ці параметри ми можемо дослідити: зміну потужності, швидкості різання, подачі, та режими різання які зображенні на (рис. 2.11. та рис. 2.12.)

Подача  $S_0 = 0.16$  мм/зуб,  $K_s \text{ min} \rightarrow K_{\text{excentr}} = 0.5$   
 $S_z = S_0 * K_s = 0.071$  мм/зуб,  $S_{Ra} = 0.093$  мм/зуб, Подача  $S = 0.071$  мм/зуб  
 $n \text{ станк.} = 8100$  об/мин,  $n \text{ расч.} = 87$  об/мин,  $S_{\text{мин}} = 87.0$  мм/мин  
 $V_0 = 294.20$  м/мин,  $K_v \text{ min} \rightarrow K_{vi} = 0.150$ ,  $V_{\text{расч.}} = 34.0$  м/мин;  
 $W \text{ станка} = 22.40$  кВт,  $W_0 = 7.04$ ,  $W_{\text{рез.}} = 4.91$  кВт  
 \*  $E_{\text{тап}} = E4$   
 Фрезерувати площину ( $B=1460$ ;  $L=1020.00$ ;  $Rozmir = 110h14(-0.870)$ ;  $Ra3,20$ )  
 Т."2214-0333 Фреза торцева ф 125,  $z=14$ , Р6М5, ГОСТ 1092-80"  
 Р." 15 прохода(ов),  $b=97.3$  мм,  $t=1.83$  мм,  $S=87.0$  мм/хв,  $V=34.0$  м/хв."  
 Р."  $n=87$  об/хв.",  $N_{\text{рез.}} = 4.908$  кВт,  $A=13359.039$  кВт\*хв"  
 Е."  $L_{\text{sum}} = 15786.0$  мм,  $T_{\text{осн}} = 2721.73$ хв;  $C=11367.72$  грн."

Рис. 2.11. Потужність, швидкість різання та подача

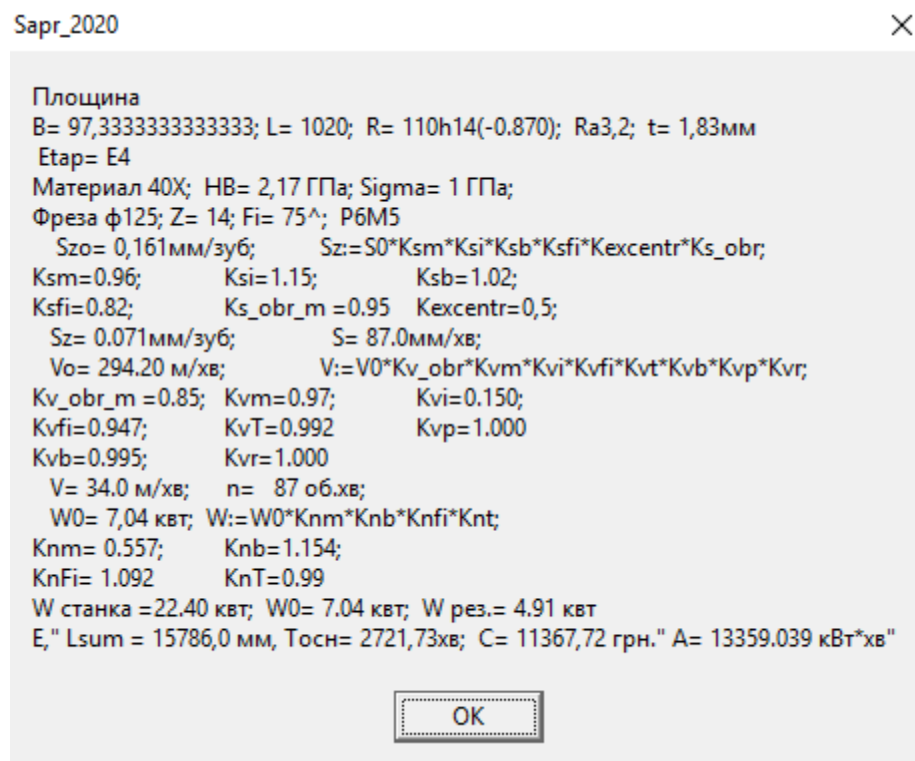


Рис. 2.12. Фрагмент процесу розрахунків режимів різання

Також ми можемо визначити трудомісткість та собівартість одного преходу, враховуючи економічні показники витрат на: інструмент, заробітну плату, електроенергію, амотризацію, витрати на пристрій та верстат.

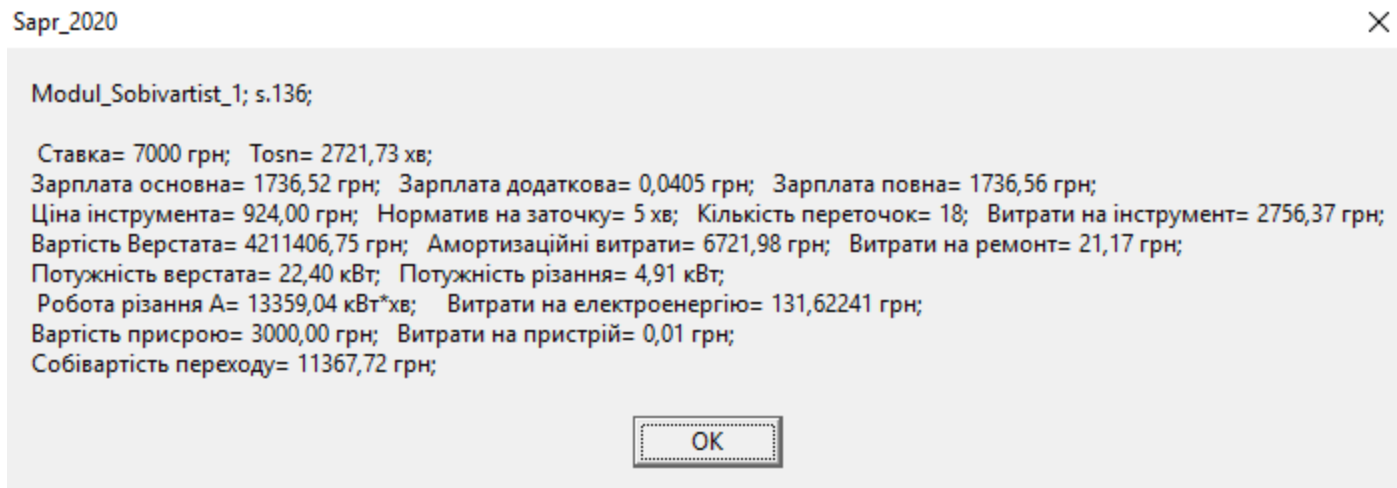


Рис. 2.13. Досліджуванні показники собівартості та трудомісткості

### 2.3 Дослідження впливу потужності і швидкості від діаметру

Сучасне виробництво постійно розвивається і складне. Інженерам потрібно зробити більше роботи, оскільки їм потрібно виконати складні обчислення та знайти та обробити потрібну їм інформацію. Одним із центральних та важливих етапів технології CALS є автоматизована підготовка виробництва, включаючи проектування та інженерію. Як правило, більшість сучасних систем автоматизації розроблені і технічний розвиток не дуже помітний. Крім того, комп'ютерна інженерія (САПР), включаючи розробку операційних технологій, дорога і може не відповідати всім вимогам проектувальника.

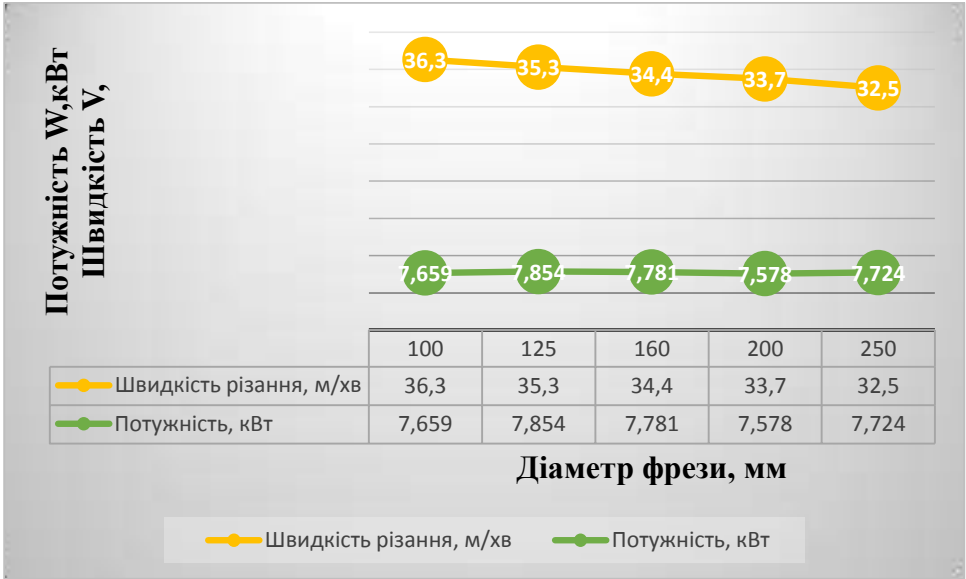
Для експерименту ми використаємо: горизонтально-фрезерний центр HAAS EC-500, матеріал різальної частини T5K10, фрези  $\phi 100$ ,  $\phi 125$ ,  $\phi 160$ ,  $\phi 200$  та  $\phi 250$ , розміри поверхні  $B=1460\text{мм}$ ,  $L=1020\text{мм}$ , глибина різання  $t=3,17\text{мм}$ , виконуваний розмір 110 Ra



3,2 мкм. В таблиці 2.1 наведенні данні залежності швидкості різання, потужності від діаметру.

Діаметр фрези, мм	Швидкість різання, м/хв	Потужність, кВт
100	36,3	7,659
125	35,3	7,854
160	34,4	7,781
200	33,7	7,578
250	32,5	7,724

Залежність між швидкістю різання, потужністю та діаметром ми можемо побачити на графіку 2.7



**Рис. 1.14.** Залежність потужності, швидкості різання від діаметру фрези

Висновок: зі збільшенням діаметру фрези, швидкість різання та потужність зменшується.

### 2.4 Дослідження впливу діаметра фрези

Для виконання дослідження вибираємо 6 діаметрів фрези. (з розмірами 100, 125, 160, 200, 250 мм.), встановлюємо стійкість 60 хв, інструментальним матеріалом вибираємо пластину P6M5. Відслідковуємо в процесі як змінюється основний час, собівартість, ціна інструмента, подача, швідкість. Отримуємо наступний результат:

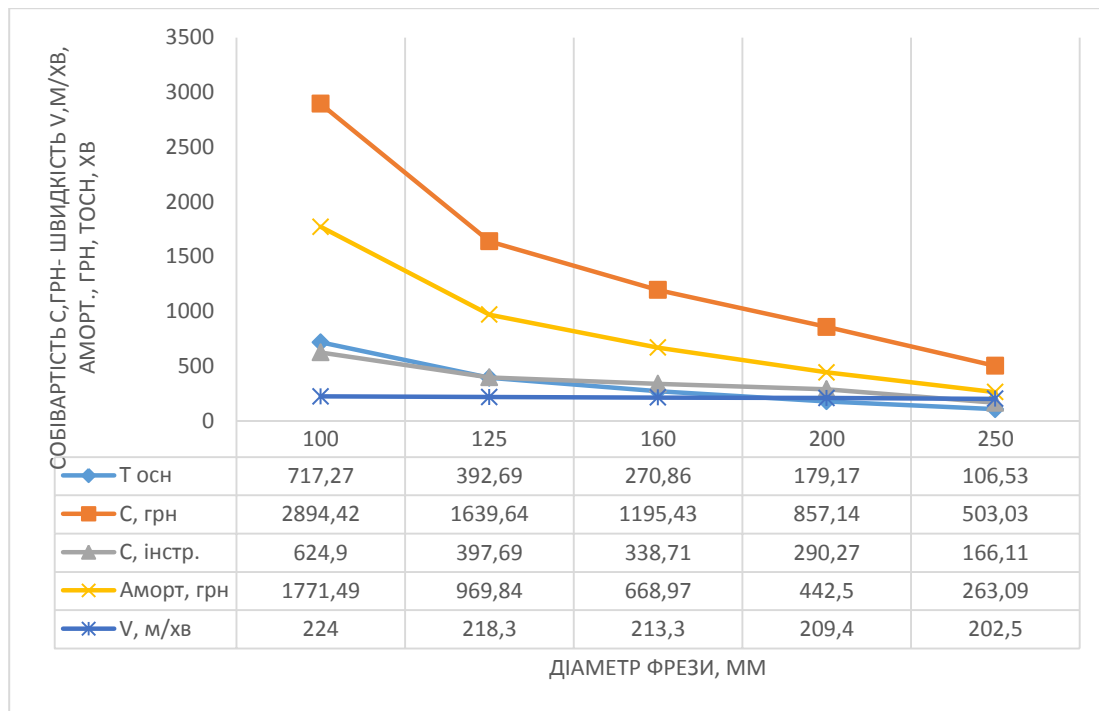


Рис. 2.15. Вплив діаметра фрези на собівартість, час, швидкість різання та подачу

Виконавши експеримент, ми бачим, що найкращі показники у фрези діаметром ф250.

### Лістинг файлу Text.txt

\* Площина (B= 1460 x L= 1020 ); остаточний розмір 110, Ra6,3; Dzag= 115;

Поверхня № 77

В,"4230 Програмная, ИОТ 4230"

Д,"Многоцелевой станок HAAS\_EC-500"

\* Этап= E2

Фрезерувати площину (B=1460; L= 1020,00; Rozmir = 113.170h14(-0.870); Ra6,30 )

Т,"2214-0331 Фреза торцева ф 100, z= 10 , T5K10 , ГОСТ 1092-80"

Р," 19 прохода(ов), b= 76.8 мм, t= 1.83 мм, S= 527.0 мм/хв, V= 224.0 м/хв,"

Р," n= 713 об/хв," N рез.= 4.894 кВт, A= 3510.106 кВт\*хв"

Е," Lsum = 19894,9 мм, Тосн= 717,27хв; C= 2894,42 грн."

\* Этап= E2

Фрезерувати площину (B=1460; L= 1020,00; Rozmir = 113.170h14(-0.870); Ra6,30 )

Т,"2214-0333 Фреза торцева ф 125, z= 14 , T5K10 , ГОСТ 1092-80"

P," 15 прохода(ов), b= 97.3 мм, t= 1.83 мм, S= 603.0 мм/хв, V= 218.3 м/хв,"

P," n= 556 об/хв," , N рез.= 5.038 кВт, A= 1978.182 кВт\*хв"

E," Lsum = 15786,0 мм, Тосн= 392,69хв; C= 1639,64 грн."

\* Етап= E2

Фрезерувати площину (B=1460; L= 1020,00; Rozmir = 113.170h14(-0.870); Ra6,30 )

T,"2214-0335 Фреза торцева ф 160, z= 16 , T5K10 , ГОСТ 1092-80"

P," 12 прохода(ов), b= 121.7 мм, t= 1.83 мм, S= 562.0 мм/хв, V= 213.3 м/хв,"

P," n= 424 об/хв," , N рез.= 5.020 кВт, A= 1359.646 кВт\*хв"

E," Lsum = 12685,5 мм, Тосн= 270,86хв; C= 1195,43 грн."

\* Етап= E2

Фрезерувати площину (B=1460; L= 1020,00; Rozmir = 113.170h14(-0.870); Ra6,30 )

T,"2214-0337 Фреза торцева ф 200, z= 20 , T5K10 , ГОСТ 1092-80"

P," 10 прохода(ов), b= 146.0 мм, t= 1.83 мм, S= 592.0 мм/хв, V= 209.4 м/хв,"

P," n= 333 об/хв," , N рез.= 4.919 кВт, A= 881.277 кВт\*хв"

E," Lsum = 10606,8 мм, Тосн= 179,17хв; C= 857,14 грн."

\* Етап= E2

Фрезерувати площину (B=1460; L= 1020,00; Rozmir = 113.170h14(-0.870); Ra6,30 )

T,"2214-0341 Фреза торцева ф 250, z= 26 , T5K10 , ГОСТ 1092-80"

P," 8 прохода(ов), b= 182.5 мм, t= 1.83 мм, S= 642.0 мм/хв, V= 202.5 м/хв,"

P," n= 258 об/хв," , N рез.= 5.044 кВт, A= 537.302 кВт\*хв"

E," Lsum = 8548,8 мм, Тосн= 106,53хв; C= 503,03 грн."

### Лістинг файлу Sobivartist.txt

Freza ф100 T5K10

Стійкість= 60,00 хв; Tosn= 717,27 хв;

Ставка= 7000 грн; Зарплата основна= 457,65 грн; Зарплата додаткова=0,0107 грн;

Зарплата повна= 457,65 грн;

Ціна інструмента= 704,00 грн; Норматив на заточку= 5 хв; Кількість переточок= 16;

Витрати на інструмент= 624,9 грн;

Вартість верстата= 4211406,75 грн; Амортизаційні витрати= 1771,49 грн; Витрати на ремонт= 5,58 грн;

Потужність верстата= 22,40 кВт; Потужність різання= 4,89 кВт;

Витрати на електроенергію= 37,790грн;

Вартість присрою= 3000,00 грн; Витрати на пристрій= 0,01 грн;

Собівартість переходу= 2894,42 грн;

Freza ф125 T5K10

Стійкість= 60,00 хв; Tosn= 392,69 хв;

Ставка= 7000 грн; Зарплата основна= 250,54 грн; Зарплата додаткова=0,0058 грн;

Зарплата повна= 250,55 грн;

Ціна інструмента= 924,00 грн; Норматив на заточку= 5 хв; Кількість переточок= 18;

Витрати на інструмент= 397,69 грн;

Вартість верстата= 4211406,75 грн; Амортизаційні витрати= 969,84 грн; Витрати на ремонт= 3,05 грн;

Потужність верстата= 22,40 кВт; Потужність різання= 5,04 кВт;

Витрати на електроенергію= 18,503 грн;

Вартість присрою= 3000,00 грн; Витрати на пристрій= 0,01 грн;

Собівартість переходу= 1639,64 грн;

Freza ф160 T5K10

Стійкість= 60,00 хв; Tosn= 270,86 хв;

Ставка= 7000 грн; Зарплата основна= 172,82 грн; Зарплата додаткова=0,0040 грн;

Зарплата повна= 172,82 грн;

Ціна інструмента= 1276,00 грн; Норматив на заточку= 5 хв; Кількість переточок= 20;

Витрати на інструмент= 338,71 грн;

Вартість верстата= 4211406,75 грн; Амортизаційні витрати= 668,97 грн; Витрати на ремонт= 2,11 грн;

Потужність верстата= 22,40 кВт; Потужність різання= 5,02 кВт;

Витрати на електроенергію= 12,808 грн;

Вартість присрою= 3000,00 грн; Витрати на пристрій= 0,01 грн;

Собівартість переходу= 1195,43 грн;

Freza ф200 T5K10

Стійкість= 60,00 хв; Tosn= 179,17 хв;

Ставка= 7000 грн; Зарплата основна= 114,31 грн; Зарплата додаткова=0,0027 грн;

Зарплата повна= 114,32 грн;

Ціна інструмента= 1672,00 грн; Норматив на заточку= 5 хв; Кількість переточок= 20;

Витрати на інструмент= 290,27 грн;

Вартість верстата= 4211406,75 грн; Амортизаційні витрати= 442,5 грн; Витрати на ремонт= 1,39 грн;

Потужність верстата= 22,40 кВт; Потужність різання= 4,92 кВт;

Витрати на електроенергію= 8,646 грн;

Вартість присрою= 3000,00 грн; Витрати на пристрій= 0,01 грн;

Собівартість переходу= 857,14 грн;

Freza ф250 T5K10

Стійкість= 60,00 хв;       $T_{osn}= 106,53$  хв;

Ставка= 7000 грн;      Зарплата основна= 67,97 грн;      Зарплата додаткова=0,0016 грн;

Зарплата повна= 67,97 грн;

Ціна інструмента= 1760,00 грн;      Норматив на заточку= 5 хв;      Кількість переточок= 22;

Витрати на інструмент= 166,11 грн;

Вартість верстата= 4211406,75 грн;      Амортизаційні витрати= 263,09 грн;      Витрати на ремонт= 0,83 грн;

Потужність верстата= 22,40 кВт;      Потужність різання= 5,04 кВт;

Витрати на електроенергію= 5,013 грн;

Вартість присрою= 3000,00 грн;      Витрати на пристрій= 0,01 грн;

Собівартість переходу= 503,03 грн;

## **2.5 Дослідження зміни стійкості фрези**

Для виконання дослідження вибираємо 10 часових параметрів стійкості фрези при діаметрі 250мм. та не змінній подачі та іншим параметрам.(час змінювали в хвилинах 5, 10, 15, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 240.), інструментальним матеріалом вибираємо пластину Р6М5. Відслідковуємо в процесі як змінюється основний час, собівартість, ціна інструмента, амортизація. Отримуємо наступний результат:

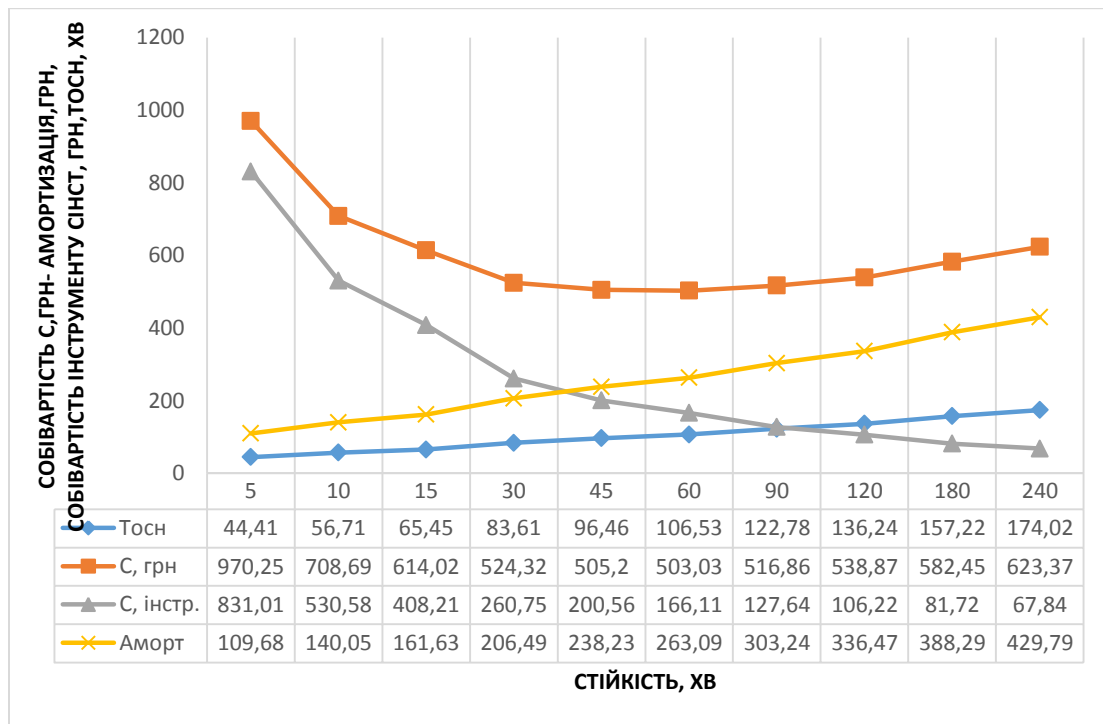


Рис.2.16. Залежність часу, витрат від стійкості

Виконавши експеримент і дослідивши зміну стійкості з графіка рис. 2.9 ми можемо визначити, що найкращі показники будуть при 60 хв.

### Лістинг файлу Text.txt

Площина (B= 1460 x L= 1020 ); остаточний розмір 110, Ra3,2; Dzag= 115;

Поверхня № 1

В,"4230 Програмная, ИОТ 4230"

Д,"Багатоцільовий верстат HAAS\_EC-500"

\* Etap= E4

Фрезерувати площину (B=1460; L= 1020,00; Rozmir = 113.170h14(-0.870); Ra6,30 )

Т,"2214-0341 Фреза торцева ф 250, z= 26 , Т5К10 , ГОСТ 1092-80"

Р," 8 прохода(ов), b= 182.5 мм, t= 1.83 мм, S= 1540.0 мм/хв, V= 485.9 м/хв,"

Р," n= 619 об/хв," , N рез.= 12.102 кВт, A= 537.428 кВт\*хв"

Е," Lsum = 8548,8 мм, Тосн= 44,41хв; С= 970,25 грн."

\* Etap= E4

Фрезерувати площину (B=1460; L= 1020,00; Rozmir = 113.170h14(-0.870); Ra6,30 )

T,"2214-0341 Фреза торцева ф 250, z= 26 , T5K10 , ГОСТ 1092-80"

P," 8 прохода(ов), b= 182.5 мм, t= 1.83 мм, S= 1206.0 мм/хв, V= 380.6 м/хв,"

P," n= 485 об/хв," , N рез.= 9.480 кВт, A= 537.615 кВт\*хв"

E," Lsum = 8548,8 мм, Тосн= 56,71хв; C= 708,69 грн."

\* Eтап= E4

Фрезерувати площину (B=1460; L= 1020,00; Rozmir = 113.170h14(-0.870); Ra6,30 )

T,"2214-0341 Фреза торцева ф 250, z= 26 , T5K10 , ГОСТ 1092-80"

P," 8 прохода(ов), b= 182.5 мм, t= 1.83 мм, S= 1045.0 мм/хв, V= 330.0 м/хв,"

P," n= 420 об/хв," , N рез.= 8.219 кВт, A= 537.877 кВт\*хв"

E," Lsum = 8548,8 мм, Тосн= 65,45хв; C= 614,02 грн."

\* Eтап= E4

Фрезерувати площину (B=1460; L= 1020,00; Rozmir = 113.170h14(-0.870); Ra6,30 )

T,"2214-0341 Фреза торцева ф 250, z= 26 , T5K10 , ГОСТ 1092-80"

P," 8 прохода(ов), b= 182.5 мм, t= 1.83 мм, S= 818.0 мм/хв, V= 258.5 м/хв,"

P," n= 329 об/хв," , N рез.= 6.438 кВт, A= 538.298 кВт\*хв"

E," Lsum = 8548,8 мм, Тосн= 83,61хв; C= 524,32 грн."

\* Eтап= E4

Фрезерувати площину (B=1460; L= 1020,00; Rozmir = 113.170h14(-0.870); Ra6,30 )

T,"2214-0341 Фреза торцева ф 250, z= 26 , T5K10 , ГОСТ 1092-80"

P," 8 прохода(ов), b= 182.5 мм, t= 1.83 мм, S= 709.0 мм/хв, V= 224.1 м/хв,"

P," n= 285 об/хв," , N рез.= 5.582 кВт, A= 538.407 кВт\*хв"

E," Lsum = 8548,8 мм, Тосн= 96,46хв; C= 505,20 грн."

\* Eтап= E4

Фрезерувати площину (B=1460; L= 1020,00; Rozmir = 113.170h14(-0.870); Ra6,30 )

T,"2214-0341 Фреза торцева ф 250, z= 26 , T5K10 , ГОСТ 1092-80"

P," 8 прохода(ов), b= 182.5 мм, t= 1.83 мм, S= 642.0 мм/хв, V= 202.5 м/хв,"

P," n= 258 об/хв," , N рез.= 5.044 кВт, A= 537.302 кВт\*хв"

E," Lsum = 8548,8 мм, Тосн= 106,53хв; C= 503,03 грн."



\* Eтаp= E4

Фрезерувати площину (B=1460; L= 1020,00; Rozmir = 113.170h14(-0.870); Ra6,30 )

T,"2214-0341 Фреза торцева ф 250, z= 26 , T5K10 , ГОСТ 1092-80"

P," 8 прохода(ов), b= 182.5 мм, t= 1.83 мм, S= 557.0 мм/хв, V= 175.6 м/хв,"

P," n= 224 об/хв," , N рез.= 4.373 кВт, A= 536.882 кВт\*хв"

E," Lsum = 8548,8 мм, Tosn= 122,78хв; C= 516,86 грн."

\* Eтаp= E4

Фрезерувати площину (B=1460; L= 1020,00; Rozmir = 113.170h14(-0.870); Ra6,30 )

T,"2214-0341 Фреза торцева ф 250, z= 26 , T5K10 , ГОСТ 1092-80"

P," 8 прохода(ов), b= 182.5 мм, t= 1.83 мм, S= 502.0 мм/хв, V= 158.6 м/хв,"

P," n= 202 об/хв," , N рез.= 3.951 кВт, A= 538.303 кВт\*хв"

E," Lsum = 8548,8 мм, Tosn= 136,24хв; C= 538,87 грн."

\* Eтаp= E4

Фрезерувати площину (B=1460; L= 1020,00; Rozmir = 113.170h14(-0.870); Ra6,30 )

T,"2214-0341 Фреза торцева ф 250, z= 26 , T5K10 , ГОСТ 1092-80"

P," 8 прохода(ов), b= 182.5 мм, t= 1.83 мм, S= 435.0 мм/хв, V= 137.5 м/хв,"

P," n= 175 об/хв," , N рез.= 3.425 кВт, A= 538.545 кВт\*хв"

E," Lsum = 8548,8 мм, Tosn= 157,22хв; C= 582,45 грн."

\* Eтаp= E4

Фрезерувати площину (B=1460; L= 1020,00; Rozmir = 113.170h14(-0.870); Ra6,30 )

T,"2214-0341 Фреза торцева ф 250, z= 26 , T5K10 , ГОСТ 1092-80"

P," 8 прохода(ов), b= 182.5 мм, t= 1.83 мм, S= 393.0 мм/хв, V= 124.3 м/хв,"

P," n= 158 об/хв," , N рез.= 3.095 кВт, A= 538.661 кВт\*хв"

E," Lsum = 8548,8 мм, Tosn= 174,02хв; C= 623,37 грн."

### Лістинг файлу Sobivartist.txt

Freza ф250 T5K10

Стійкість= 5,00 хв; Tosn= 44,41 хв;

Ставка= 7000 грн;      Зарплата основна= 28,33 грн;    Зарплата додаткова=0,0007 грн;

Зарплата повна= 28,33 грн;

Ціна інструмента= 1760,00 грн;    Норматив на заточку= 5 хв;    Кількість переточок= 22;

Витрати на інструмент= 831,01 грн;

Вартість верстата= 4211406,75 грн;    Амортизаційні витрати= 109,68 грн;    Витрати на ремонт= 0,35 грн;

Потужність верстата= 22,40 кВт;    Потужність різання= 12,10 кВт;

Витрати на електроенергію= 0,871 грн;

Вартість присрою= 3000,00 грн;    Витрати на пристрій= 0,01 грн;

Собівартість переходу= 970,25 грн;

Freza ф250      T5K10

Стійкість= 10,00 хв;      Тосп= 56,71 хв;

Ставка= 7000 грн;      Зарплата основна= 36,18 грн;    Зарплата додаткова=0,0008 грн;

Зарплата повна= 36,18 грн;

Ціна інструмента= 1760,00 грн;    Норматив на заточку= 5 хв;    Кількість переточок= 22;

Витрати на інструмент= 530,58 грн;

Вартість верстата= 4211406,75 грн;    Амортизаційні витрати= 140,05 грн;    Витрати на ремонт= 0,44 грн;

Потужність верстата= 22,40 кВт;    Потужність різання= 9,48 кВт;

Витрати на електроенергію= 1,419 грн;

Вартість присрою= 3000,00 грн;    Витрати на пристрій= 0,01 грн;

Собівартість переходу= 708,69 грн;

Freza ф250 T5K10

Стійкість= 15,00 хв; Tosn= 65,45 хв;

Ставка= 7000 грн; Зарплата основна= 41,76 грн; Зарплата додаткова=0,0010 грн;

Зарплата повна= 41,76 грн;

Ціна інструмента= 1760,00 грн; Норматив на заточку= 5 хв; Кількість переточок= 22;

Витрати на інструмент= 408,21 грн;

Вартість верстата= 4211406,75 грн; Амортизаційні витрати= 161,63 грн; Витрати на ремонт= 0,51 грн;

Потужність верстата= 22,40 кВт; Потужність різання= 8,22 кВт;

Витрати на електроенергію= 1,890 грн;

Вартість присрою= 3000,00 грн; Витрати на пристрій= 0,01 грн;

Собівартість переходу= 614,02 грн;

Freza ф250 T5K10

Стійкість= 30,00 хв; Tosn= 83,61 хв;

Ставка= 7000 грн; Зарплата основна= 53,34 грн; Зарплата додаткова=0,0012 грн;

Зарплата повна= 53,34 грн;

Ціна інструмента= 1760,00 грн; Норматив на заточку= 5 хв; Кількість переточок= 22;

Витрати на інструмент= 260,75 грн;

Вартість верстата= 4211406,75 грн; Амортизаційні витрати= 206,49 грн; Витрати на ремонт= 0,65 грн;

Потужність верстата= 22,40 кВт; Потужність різання= 6,44 кВт;

Витрати на електроенергію= 3,082 грн;

Вартість присрою= 3000,00 грн; Витрати на пристрій= 0,01 грн;

Собівартість переходу= 524,32 грн;

Freza ф250 T5K10

Стійкість= 45,00 хв; Tosn= 96,46 хв;

Ставка= 7000 грн; Зарплата основна= 61,54 грн; Зарплата додаткова=0,0014 грн;

Зарплата повна= 61,54 грн;

Ціна інструмента= 1760,00 грн; Норматив на заточку= 5 хв; Кількість переточок= 22;

Витрати на інструмент= 200,56 грн;

Вартість верстата= 4211406,75 грн; Амортизаційні витрати= 238,23 грн; Витрати на ремонт= 0,75 грн;

Потужність верстата= 22,40 кВт; Потужність різання= 5,58 кВт;

Витрати на електроенергію= 4,102 грн;

Вартість присрою= 3000,00 грн; Витрати на пристрій= 0,01 грн;

Собівартість переходу= 505,20 грн;

Freza ф250 T5K10

Стійкість= 60,00 хв; Tosn= 106,53 хв;

Ставка= 7000 грн; Зарплата основна= 67,97 грн; Зарплата додаткова=0,0016 грн;

Зарплата повна= 67,97 грн;

Ціна інструмента= 1760,00 грн; Норматив на заточку= 5 хв; Кількість переточок= 22;

Витрати на інструмент= 166,11 грн;

Вартість верстата= 4211406,75 грн; Амортизаційні витрати= 263,09 грн; Витрати на ремонт= 0,83 грн;

Потужність верстата= 22,40 кВт; Потужність різання= 5,04 кВт;

Витрати на електроенергію= 5,013 грн;

Вартість присрою= 3000,00 грн; Витрати на пристрій= 0,01 грн;

Собівартість переходу= 503,03 грн;

Freza ф250 T5K10

Стійкість= 90,00 хв; Tosn= 122,78 хв;

Ставка= 7000 грн; Зарплата основна= 78,34 грн; Зарплата додаткова=0,0018 грн;

Зарплата повна= 78,34 грн;

Ціна інструмента= 1760,00 грн; Норматив на заточку= 5 хв; Кількість переточок= 22;

Витрати на інструмент= 127,64 грн;

Вартість верстата= 4211406,75 грн; Амортизаційні витрати= 303,24 грн; Витрати на ремонт= 0,95 грн;

Потужність верстата= 22,40 кВт; Потужність різання= 4,37 кВт;

Витрати на електроенергію= 6,665 грн;

Вартість присрою= 3000,00 грн; Витрати на пристрій= 0,01 грн;

Собівартість переходу= 516,86 грн;

Freza ф250 T5K10

Стійкість= 120,00 хв; Tosn= 136,24 хв;

Ставка= 7000 грн; Зарплата основна= 86,92 грн; Зарплата додаткова=0,0020 грн;

Зарплата повна= 86,92 грн;

Ціна інструмента= 1760,00 грн; Норматив на заточку= 5 хв; Кількість переточок= 22;

Витрати на інструмент= 106,22 грн;

Вартість верстата= 4211406,75 грн; Амортизаційні витрати= 336,47 грн; Витрати на ремонт= 1,06 грн;

Потужність верстата= 22,40 кВт; Потужність різання= 3,95 кВт;

Витрати на електроенергію= 8,184 грн;

Вартість присрою= 3000,00 грн; Витрати на пристрій= 0,01 грн;

Собівартість переходу= 538,87 грн;

Freza ф250 T5K10

Стійкість= 180,00 хв; Tosn= 157,22 хв;

Ставка= 7000 грн; Зарплата основна= 100,31 грн; Зарплата додаткова=0,0023 грн;

Зарплата повна= 100,31 грн;

Ціна інструмента= 1760,00 грн; Норматив на заточку= 5 хв; Кількість переточок= 22;

Витрати на інструмент= 81,72 грн;

Вартість верстата= 4211406,75 грн; Амортизаційні витрати= 388,29 грн; Витрати на ремонт= 1,22 грн;

Потужність верстата= 22,40 кВт; Потужність різання= 3,43 кВт;

Витрати на електроенергію= 10,894 грн;

Вартість присрою= 3000,00 грн; Витрати на пристрій= 0,01 грн;

Собівартість переходу= 582,45 грн;

Freza ф250 T5K10

Стійкість= 240,00 хв;       $T_{osn} = 174,02$  хв;

Ставка= 7000 грн;      Зарплата основна= 111,03 грн;      Зарплата додаткова=0,0026 грн;

Зарплата повна= 111,03 грн;

Ціна інструмента= 1760,00 грн;      Норматив на заточку= 5 хв;      Кількість переточок= 22;

Витрати на інструмент= 67,84 грн;

Вартість верстата= 4211406,75 грн;      Амортизаційні витрати= 429,79 грн;      Витрати на ремонт= 1,35 грн;

Потужність верстата= 22,40 кВт;      Потужність різання= 3,10 кВт;

Витрати на електроенергію= 13,344 грн;

Вартість присрою= 3000,00 грн;      Витрати на пристрій= 0,01 грн;

Собівартість переходу= 623,37 грн;

Висновки: При стійкості 60хв. Ми отримаємо оптимальний час оброблення деталі та її вартість.

## **2.6 Дослідження зміни матеріалу фрези**

Для виконання дослідження вибираємо 6 матеріалів при часі стійкості фрези 60 хв., діаметрі 75мм. та не змінній подачі та іншим параметрам.(вибрано було наступні марки матеріалів: TT7K12, T5K10, T14K8, T15K6, BK8, P6M5). Відслідковуємо в процесі як змінюється основний час, собівартість, ціна інструмента, амортизація. Отримуємо наступний результат:

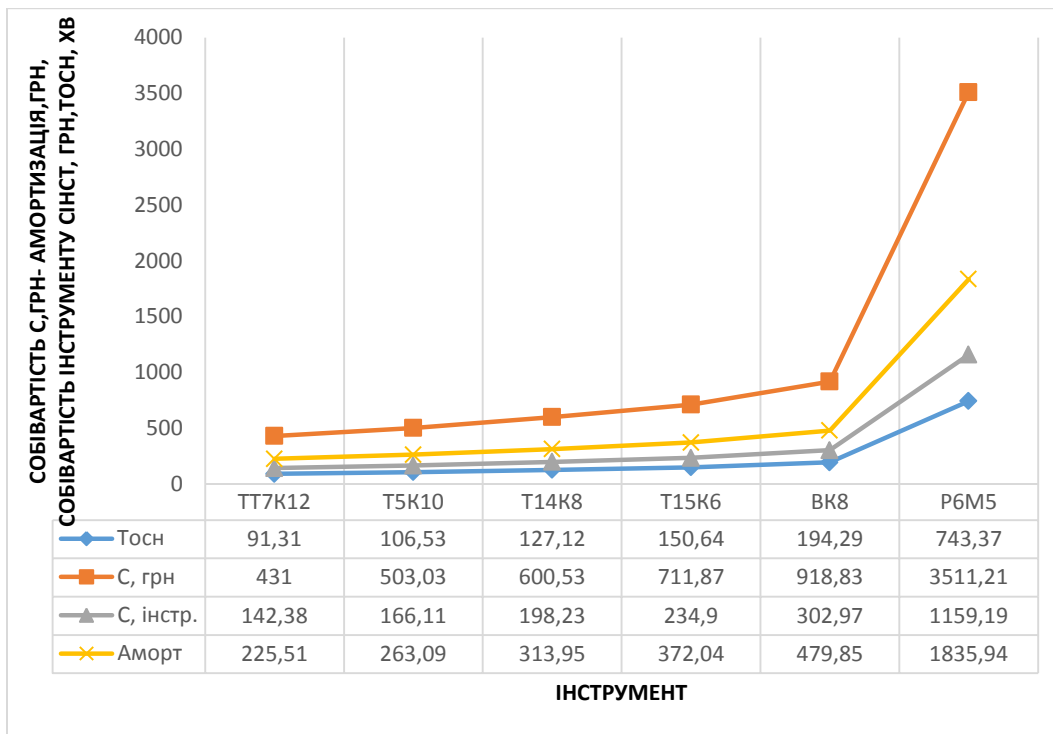


Рис. 2.17. Залежність собівартості та трудомісткості від матеріалу ріжучої частини

Виконавши експеримент, ми можемо зробити висновок, що найбільш оптимальна марка ріжучої частини T5K10

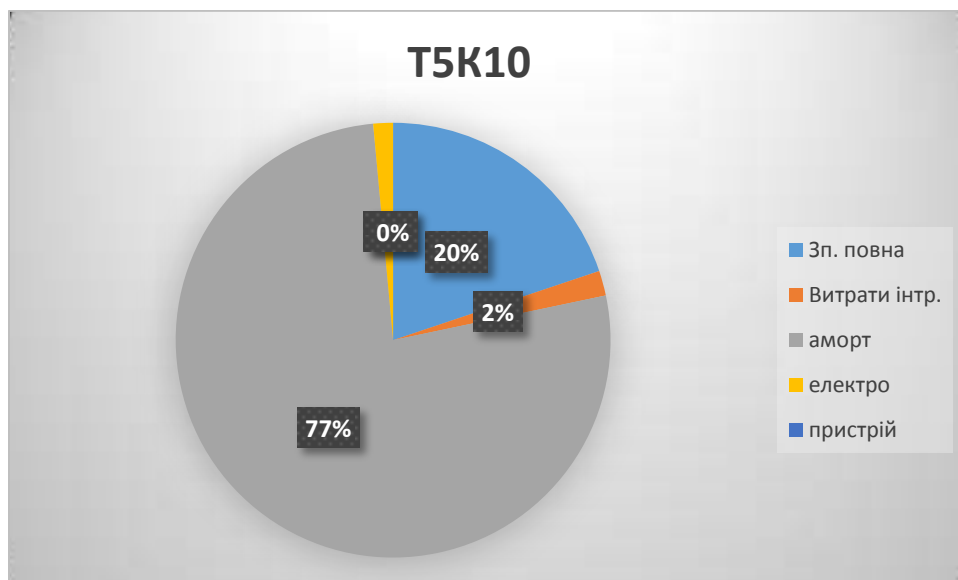


Рис. 2.18. Діаграма структури собівартості при фрезеруванні.

На діаграмі структури собівартості рис. 2.18 ми можемо побачити, що на загальний обсяг собівартості найбільш впливає ціна пристрою, амортизаційні витрати, та заробітня платня.



### Лістинг файла Text.txt

Фрезерувати площину (B=1460; L= 1020,00; Rozmir = 113.170h14(-0.870); Ra3,20 )

T,"2214-0341      Фреза торцева ф 250, z= 26 , TT7K12 , ГОСТ 1092-80"

P," 8 прохода(ов), b= 182.5 мм, t= 1.83 мм, S= 749.0 мм/хв, V= 211.6 м/хв,"

P," n= 269 об/хв," , N рез.= 5.249 кВт, A= 479.275 кВт\*хв"

E," Lsum = 8548,8 мм, Тосн= 91,31хв; C= 431,00 грн."

\* Етап= Е4

Фрезерувати площину (B=1460; L= 1020,00; Rozmir = 113.170h14(-0.870); Ra3,20 )

T,"2214-0341      Фреза торцева ф 250, z= 26 , T5K10 , ГОСТ 1092-80"

P," 8 прохода(ов), b= 182.5 мм, t= 1.83 мм, S= 642.0 мм/хв, V= 202.5 м/хв,"

P," n= 258 об/хв," , N рез.= 5.044 кВт, A= 537.302 кВт\*хв"

E," Lsum = 8548,8 мм, Тосн= 106,53хв; C= 503,03 грн."

\* Етап= Е4

Фрезерувати площину (B=1460; L= 1020,00; Rozmir = 113.170h14(-0.870); Ra3,20 )

T,"2214-0341      Фреза торцева ф 250, z= 26 , T14K8 , ГОСТ 1092-80"

P," 8 прохода(ов), b= 182.5 мм, t= 1.83 мм, S= 538.0 мм/хв, V= 193.2 м/хв,"

P," n= 246 об/хв," , N рез.= 4.831 кВт, A= 614.098 кВт\*хв"

E," Lsum = 8548,8 мм, Тосн= 127,12хв; C= 600,53 грн."

\* Етап= Е4

Фрезерувати площину (B=1460; L= 1020,00; Rozmir = 113.170h14(-0.870); Ra3,20 )

T,"2214-0341      Фреза торцева ф 250, z= 26 , T15K6 , ГОСТ 1092-80"

P," 8 прохода(ов), b= 182.5 мм, t= 1.83 мм, S= 454.0 мм/хв, V= 179.3 м/хв,"

P," n= 228 об/хв," , N рез.= 4.685 кВт, A= 705.682 кВт\*хв"

E," Lsum = 8548,8 мм, Тосн= 150,64хв; C= 711,87 грн."

\* Етап= Е4

Фрезерувати площину (B=1460; L= 1020,00; Rozmir = 113.170h14(-0.870); Ra3,20 )

T,"2214-0341 Фреза торцева ф 250, z= 26 , BK8 , ГОСТ 1092-80"

P," 8 прохода(ов), b= 182.5 мм, t= 1.83 мм, S= 352.0 мм/хв, V= 173.7 м/хв,"

P," n= 221 об/хв," , N рез.= 4.382 кВт, A= 851.298 кВт\*хв"

E," Lsum = 8548,8 мм, Тосн= 194,29хв; C= 918,83 грн."

\* Етап= Е4

Фрезерувати площину (B=1460; L= 1020,00; Rozmir = 113.170h14(-0.870); Ra3,20 )

T,"2214-0341 Фреза торцева ф 250, z= 26 , P6M5 , ГОСТ 1092-80"

P," 8 прохода(ов), b= 182.5 мм, t= 1.83 мм, S= 92.0 мм/хв, V= 31.5 м/хв,"

P," n= 40 об/хв," , N рез.= 4.903 кВт, A= 3644.550 кВт\*хв"

E," Lsum = 8548,8 мм, Тосн= 743,37хв; C= 3511,21 грн."

\* Етап= Е4

### **Лістинг файла Sobivartist.txt**

Freza ф250 TT7K12

Стійкість= 60,00 хв; Тосн= 91,31 хв;

Ставка= 7000 грн; Зарплата основна= 41,61 грн; Зарплата додаткова=0,0010 грн;

Зарплата повна= 41,61 грн;

Ціна інструмента= 1760,00 грн; Норматив на заточку= 5 хв; Кількість переточок= 22;

Витрати на інструмент= 140,83 грн;

Вартість верстата= 4211406,75 грн; Амортизаційні витрати= 225,51 грн; Витрати на ремонт= 0,71 грн;

Потужність верстата= 22,40 кВт; Потужність різання= 5,25кВт;

Витрати на електроенергію= 4,12 грн;

Вартість присрою= 3000,00 грн; Витрати на пристрій= 0,01 грн;

Собівартість переходу= 412,80 грн;

Freza ф250 T5K10

Стійкість= 60,00 хв; Tosn= 106,53 хв;

Ставка= 7000 грн; Зарплата основна= 48,55 грн; Зарплата додаткова=0,0011 грн;

Зарплата повна= 48,55 грн;

Ціна інструмента= 1760,00 грн; Норматив на заточку= 5 хв; Кількість переточок= 22;

Витрати на інструмент= 164,30 грн;

Вартість верстата= 4211406,75 грн; Амортизаційні витрати= 263,09 грн; Витрати на ремонт= 0,83 грн;

Потужність верстата= 22,40 кВт; Потужність різання= 5,04 кВт;

Витрати на електроенергію= 5,013 грн;

Вартість присрою= 3000,00 грн; Витрати на пристрій= 0,01 грн;

Собівартість переходу= 481,80 грн;

Freza ф250 T14K8

Стійкість= 60,00 хв; Tosn= 127,12 хв;

Ставка= 7000 грн;      Зарплата основна= 57,93 грн;    Зарплата додаткова=0,0014 грн;

Зарплата повна= 57,93 грн;

Ціна інструмента= 1760,00 грн;    Норматив на заточку= 5 хв;    Кількість переточок= 22;

Витрати на інструмент= 196,06 грн;

Вартість верстата= 4211406,75 грн;    Амортизаційні витрати= 313,95 грн;    Витрати на ремонт= 0,99 грн;

Потужність верстата= 22,40 кВт;    Потужність різання= 4,83 кВт;

Витрати на електроенергію= 6,245 грн;

Вартість присрою= 3000,00 грн;    Витрати на пристрій= 0,01 грн;

Собівартість переходу= 575,20 грн;

Freza ф250 T15K6

Стійкість= 60,00 хв;      Tosn= 150,64 хв;

Ставка= 7000 грн;      Зарплата основна= 68,65 грн;    Зарплата додаткова=0,0016 грн;

Зарплата повна= 68,65 грн;

Ціна інструмента= 1760,00 грн;    Норматив на заточку= 5 хв;    Кількість переточок= 22;

Витрати на інструмент= 232,34 грн;

Вартість верстата= 4211406,75 грн;    Амортизаційні витрати= 372,04 грн;    Витрати на ремонт= 1,17 грн;

Потужність верстата= 22,40 кВт;    Потужність різання= 4,68 кВт;

Витрати на електроенергію= 7,632 грн;

Вартість присрою= 3000,00 грн;    Витрати на пристрій= 0,01 грн;

Собівартість переходу= 681,85 грн;

Freza ф250 ВК8

Стійкість= 60,00 хв;       $T_{osn} = 194,29$  хв;

Ставка= 7000 грн;      Зарплата основна= 88,54 грн;      Зарплата додаткова=0,0021 грн;

Зарплата повна= 88,55 грн;

Ціна інструмента= 1760,00 грн;      Норматив на заточку= 5 хв;      Кількість переточок= 22;

Витрати на інструмент= 299,67 грн;

Вартість верстата= 4211406,75 грн;      Амортизаційні витрати= 479,85 грн;      Витрати на ремонт= 1,51 грн;

Потужність верстата= 22,40 кВт;      Потужність різання= 4,90 кВт;

Витрати на електроенергію= 10,525 грн;

Вартість присрою= 3000,00 грн;      Витрати на пристрій= 0,01 грн;

Собівартість переходу= 880,11 грн;

Freza ф250 Р6М5

Стійкість= 60,00 хв;       $T_{osn} = 743,37$  хв;

Ставка= 7000 грн;      Зарплата основна= 474,29 грн;      Зарплата додаткова=0,0111 грн;

Зарплата повна= 474,30 грн;

Ціна інструмента= 1760,00 грн;      Норматив на заточку= 5 хв;      Кількість переточок= 22;

Витрати на інструмент= 1159,19 грн;

Вартість верстата= 4211406,75 грн;      Амортизаційні витрати= 1835,94 грн;      Витрати на ремонт= 5,78 грн;

Потужність верстата= 22,40 кВт;      Потужність різання= 4,90 кВт;

Витрати на електроенергію= 35,989 грн;

Вартість присрою= 3000,00 грн; Витрати на пристрій= 0,01 грн;

Собівартість переходу= 3511,21 грн;

Висновок: найбільш оптимальними умовами для торцевого фрезерування будуть: матеріал ріжучої частини TT7K12, діаметр фрези ф250, стійкість 60хв.

## **Глава 3. Аналіз впливу варіативних параметрів інформаційної моделі розточування на трудомісткість і собівартість**

### **3.1 Інформаційна модель розточування**

Розточування - це нормальна робота токарного верстата і його мета - збільшити діаметр і забезпечити високу точність розміру отворів, що утворюються під час попереднього свердління або лиття або кування заготовки. Буріння є найпоширенішим методом буріння, оскільки не потрібно спеціальних інструментів. Просвердлите до рівнів 8-10 та 6 і виправте положення осі свердла. Просвердлите отвори за допомогою дрилі. [7]

Розточувальні різці бувають прохідні (для наскрізних отворів *a*), та упорні (для глухих отворів *б*).[7]

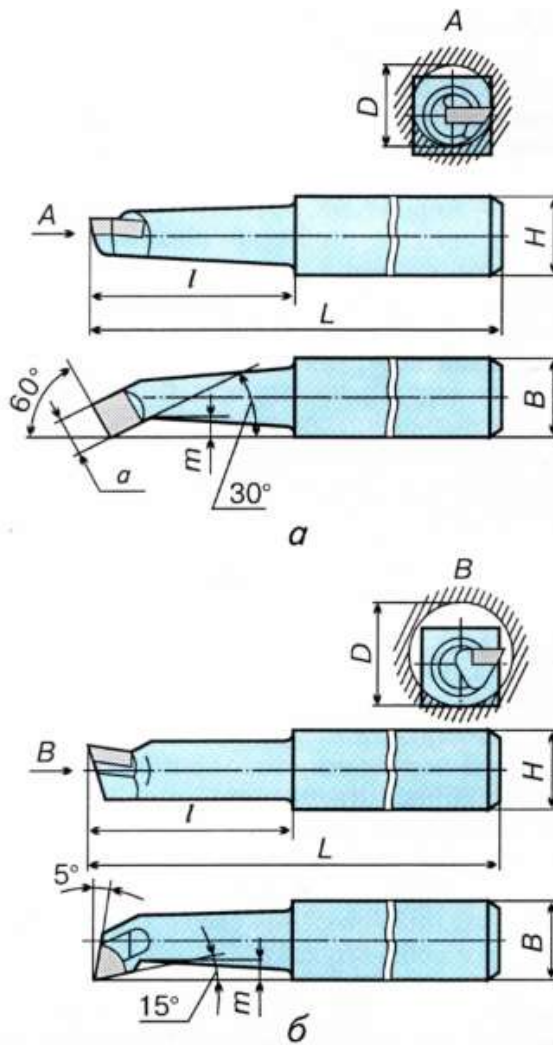


Рис.3.1. Розточувальні різці:

а - для наскрізних отворів; б - для глухих отворів

Свердлильний різець кріпиться до тримача інструменту паралельно осі заготовки. При обертанні зовнішнього обертання ( $\alpha = 12 \dots 16^\circ$ ) для того, щоб головка різка "прилаштовувала" заготовку, тертя на задній частині різка більше, ніж кут на задній частині різка, так що тертя дорівнює. Між різцями різка немає. Над центральною віссю для компенсації можливого відхилення довгого інструменту (діаметр отвору приблизно 0,02).[7]

Допуск до свердління для кожного діаметра знаходиться в межах 1-2 мм. Тестовий канал діаметром 3-4 мм забезпечує точне відкриття. Коли вам нудно, варто розглянути можливість використання кінцівок. Щоб вибрати зазор, спочатку подайте необхідний запас, потім використовуйте фрезу, щоб встановити необхідний розмір. Встановлення

різця в метал активує механічну подачу. Внутрішні краї і полки вирізаються нудним боковим різакон (по центру). Порізнa поверхня повинна мати великий кут, що перевищує  $90^\circ$  (наприклад,  $95^\circ$ ). Пізніше, із вирізними отворами або краєм полиці (дном) фактичний основний кут плану підлоги становитиме  $5^\circ$ . Фокус. Перед свердлінням необхідно нарізнати механічну подачу на 2-3 мм і перевірити ручну подачу. [7]

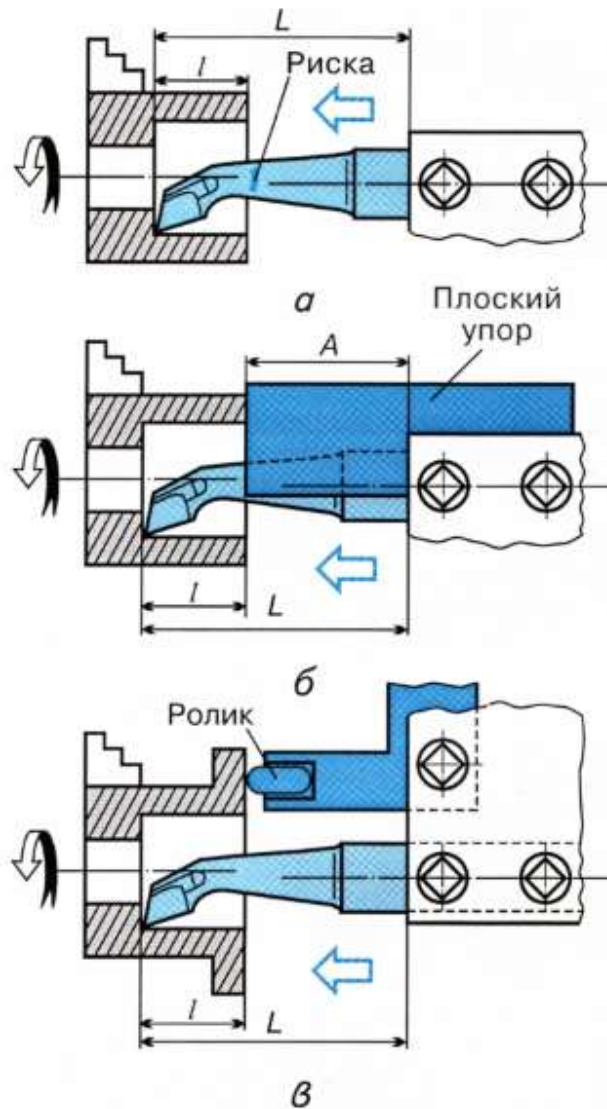


Рис.3.2. Контроль глибини отвору в процесі розточування за допомогою:  
а - риски на різці; б - плоского упору; в - роликового упору

### 3.2 Режими різання при розточуванні отворів



При виборі режимів різання необхідно враховувати невелику жорсткість різця із-за великого вильоту, та важкі умов роботи. %.

Режими різання при розточуванні обирають в тій послідовності, що і при зовнішньому точінні  $t \rightarrow S \rightarrow V \rightarrow n$

$t$  – глибина різання

$t$  = мм, де  $D$  – розточений діаметр;  $d$  – діаметр під розточування;

$S$  – подача, мм/об;

$V$  – швидкість різання ;

$n$  – частота обертання шпинделя, об/хв.

Режими різання можемо обирати за довідником для зовнішнього точіння, зменшивши на 40 – 50%. [8]

### Рекомендовані режими різання при напівчистовій обробці

ГЛУБИНА РЕЗАНИЯ, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ПОЛУЧИСТОВОЙ, ЧИСТОВОЙ И ОТДЕЛОЧНОЙ СТАДИЙ ОБРАБОТКИ				Точение, расточивание
				Карта 2
№ поз.	Диаметр детали <i>D</i> , мм, до	Квалитет заготовки		
		14	13, 12	11, 10, 9
		Квалитет детали		
		13, 12	11, 10, 9	8, 7
		Стадия обработки		
		II	III	IV
		Глубина резания <i>t</i> , мм, не менее		
1	18	0,90	0,50	0,20
2	30	1,00	0,60	0,20
3	50	1,30	0,70	0,30
4	80	1,50	0,80	0,30
5	120	1,70	0,90	0,30
6	180	2,00	1,00	0,40
7	250	2,20	1,10	0,40
8	320	2,40	1,20	0,50
9	400	2,50	1,40	0,50
10	500	2,80	1,50	0,60
11	630	3,00	1,70	0,60
12	800	3,50	2,00	0,70
13	1000	4,00	2,20	0,80
14	1250	4,50	2,50	0,90
15	1600	5,30	2,80	1,00
16	2000	6,30	3,20	1,20
17	2500	7,00	3,80	1,40
18	≥ 3150	12,00	4,00	2,00
Индекс		а	б	в

Рис.3.3. Глубина різання для напівчистої обробки при росточуванні [10]

ПОДАЧА ДЛЯ ПОЛУЧИСТОВОЙ СТАДИИ ОБРАБОТКИ. Сталь, чугун, медные и алюминиевые сплавы. Резцы с пластинами из твердого сплава и быстрорежущей стали. Получение 12-го квалитета детали										Растачивание					
										Карта 10					
№ поз.	Обрабатываемый материал	Глубина резания $t_r$ , мм, до	Сечение резца (оправки)												
			круглое диаметром $d$ , мм, до							прямоугольное шириной $B$ , мм, до					
			10	12	16	20	25	30	40	25	30	40	50	60	75
			Подача $S_{0r}$ , мм/об												
1	Стали конструкционные углеродистые и легированные	0,7	0,23	0,27	0,35	0,43	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2		1,5	0,16	0,23	0,32	0,37	0,48	0,56	0,64	0,50	0,57	0,66	0,75	0,82	0,88
3		3,0	—	0,13	0,22	0,25	0,37	0,45	0,56	0,38	0,48	0,60	0,67	0,75	0,84
4		5,0	—	—	—	—	0,26	0,33	0,45	0,28	0,36	0,50	0,58	0,66	0,76
5		8,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,35	0,45	0,52	0,64
6	Стали жаропрочные, коррозионно-стойкие, жаростойкие	0,7	0,20	0,22	0,30	0,36	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7		1,5	0,13	0,20	0,26	0,30	0,40	0,47	0,53	0,42	0,47	0,54	0,63	0,68	0,73
8		3,0	—	0,12	0,18	0,20	0,30	0,38	0,47	0,32	0,40	0,50	0,56	0,63	0,70
9		5,0	—	—	—	—	0,22	0,27	0,38	0,24	0,30	0,42	0,48	0,55	0,63
10		8,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,30	0,37	0,43	0,54
11	Чугун серый	0,7	0,25	0,30	0,38	0,47	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12		1,5	0,18	0,25	0,35	0,40	0,52	0,60	0,70	0,55	0,62	0,72	0,80	0,90	0,96
13		3,0	—	0,14	0,24	0,27	0,40	0,50	0,62	0,42	0,52	0,66	0,73	0,82	0,92
14		5,0	—	—	—	—	0,28	0,36	0,48	0,30	0,40	0,54	0,64	0,73	0,83
15		8,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,38	0,48	0,56	0,64
16	Медные и алюминиевые сплавы	0,7	0,28	0,33	0,43	0,53	—	—	—	—	—	—	—	—	—
17		1,5	0,20	0,28	0,40	0,46	0,60	0,70	0,80	0,62	0,72	0,82	0,93	1,00	1,10
18		3,0	—	0,16	0,27	0,30	0,46	0,56	0,70	0,47	0,60	0,75	0,82	0,93	1,05
19		5,0	—	—	—	—	0,32	0,40	0,56	0,35	0,45	0,62	0,72	0,82	0,90
20		8,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,43	0,56	0,65	0,80
Индекс			а	б	в	г	д	е	ж	з	и	к	л	м	н

Примечания: 1. При обработке ковкого чугуна значение подачи для серого чугуна (поз. № 11...15) следует умножить на коэффициент  $K_S = 0,9$ .

2. Для получения 13-го квалитета детали табличное значение подачи  $S_{0r}$  следует умножить на коэффициент  $K_S = 1,17$ .

Рис.3.4. Подача для напівчистої обробки при росточуванні [10]

СКОРОСТЬ $v_T$ И МОЩНОСТЬ $N_T$ РЕЗАНИЯ ДЛЯ ЧЕРНОВОЙ И ПОЛУЧИСТОВОЙ СТАДИЙ ОБРАБОТКИ. Стали жаропрочные, коррозионно-стойкие и жаростойкие. Резцы с пластинами из твердого сплава и быстрорежущей стали											Точение, растачивание									
											Карта 21				Лист 3					
№ поз.	Состояние поверх- ности заготовки	Глубина резания $t$ , мм, до	Подача $S_{02}$ , мм/об, до								Поправочный коэффициент на скорость резания $K_{vH}$ в зависимости от инструментального материала									
			0,15	0,20	0,30	0,48	0,60	1,00	1,50	2,00	BK6	TT8K6	BK6-M	BK8	BK6-OM	TT15K6	TT10K8B	BK10-OM	P6M5	
																				$\frac{v_T, \text{м/мин}}{N_T, \text{кВт}}$
1	Без корки	3	$\frac{187}{3,6}$	$\frac{174}{3,9}$	$\frac{167}{4,9}$	$\frac{146}{6,0}$	$\frac{124}{7,0}$	$\frac{101}{8,0}$	$\frac{93}{9,1}$	$\frac{89}{10,0}$	0,95	1,10	1,00	0,75	1,10	1,05	0,90	0,95	0,40	
2		4	$\frac{154}{4,3}$	$\frac{143}{4,5}$	$\frac{129}{5,5}$	$\frac{120}{6,5}$	$\frac{102}{7,7}$	$\frac{83}{9,5}$	$\frac{80}{10,2}$	$\frac{71}{11,0}$	1,00	1,15	1,05		1,15	1,20				
3		5	$\frac{148}{5,1}$	$\frac{138}{5,4}$	$\frac{125}{6,8}$	$\frac{116}{7,8}$	$\frac{99}{9,5}$	$\frac{80}{11,0}$	$\frac{72}{12,0}$	$\frac{70}{13,0}$										
4		8	$\frac{114}{6,3}$	$\frac{106}{6,6}$	$\frac{96}{8,2}$	$\frac{89}{9,5}$	$\frac{76}{11,0}$	$\frac{62}{13,0}$	$\frac{61}{14,0}$	$\frac{60}{15,0}$										
5		12	$\frac{107}{8,8}$	$\frac{100}{9,2}$	$\frac{90}{12,0}$	$\frac{84}{13,0}$	$\frac{71}{15,0}$	$\frac{60}{16,0}$	$\frac{58}{17,0}$	$\frac{55}{19,0}$				1,05			1,20	1,10	0,85	-
6		15	$\frac{102}{10,0}$	$\frac{97}{11,0}$	$\frac{86}{13,0}$	$\frac{81}{14,5}$	$\frac{69}{16,0}$	$\frac{58}{17,0}$	$\frac{56}{18,0}$	$\frac{53}{21,0}$										
Индекс			а	б	в	г	д	е	ж	з										
Поправочные коэффициенты на скорость резания пластинами из твердого сплава фирмы SANDVIK Coromant:																				
Материал пластин			GC4025		GC2015		GC4035		GC2025		GC2035		GC235		GC6080		CC670			
$K_{vH}$			1,3		1,2		1,1		1,0		0,9		0,6		1,5		1,4			

Рис3.5. Швидкість та потужність різання для напівчистої обробки при росточуванні [10]

Табл 3.1. Режими різання при обробці отворів

При чорновому розточуванні сталі:	При чистовому розточуванні сталі:
Глибина 3мм;	Глибина 5мм;
Подача 0,08- 0,2 мм/об;	Подача 0,05- 0,1 мм/об;
Швидкість різання 20 м/хв.	Швидкість різання 40- 80 м/хв.[15]

### 3.3 Брак при обробці отворів

Табл 3.2. Брак при обробці отворів

Причини	Засоби усунення
<i>Не витриманий розмір отвору</i>	
Помилки при користуванні лімба м Віджим різця Несвоєчасно виключена позовж ня подача	Вибирати люфт при відліку по лімбу Використовувати більш жорсткі різці Поздовжню подачу виключати раніше до к інця розточування
<i>Частина поверхні залишилась не обробленою</i>	
Малий припуск на обробку Не вірно встановлена заготовка	Перевірити достатність припуску Вивірити положення заготовки
<i>Збільшена шорсткість</i>	
Не вірно обрані режими різання Тупий різець Не жорстке кріплення різця і за готовки	Зменшити подачу збільшити швидкість різ ання Переточити різець Обрати більш жорстке кріплення різця і за готовки
<i>Некруглість отвору</i>	
Зношування переднього підшипн ика шпинделя Сильно зажаті тонкостінні деталі	Відремонтувати верстат Замінити кріплення деталі (в розжимні втулки)

### **3.4 Центр обробний горизонтальний EC-500 / 8000 об / хв / 14,9 кВт / Haas / США**

Основні характеристики:

Виробник - Haas Automation Inc

Країна - США

Серія верстата - EC

Модель EC-500

Операції Фрезерна, свердлильна

Метод формування Обробка різанням

Тип обладнання Верстат фрезерний

Оснащений усією чавунною рамою; повністю герметична захисна огорожа; сервомотор для осьового зміщення та прямої передачі крутного моменту; сидіння підшипника із загартованою сталевною стійкою; подвійні кріпильні гвинти з гайкою попереднього затягування; автоматична система змащування направляючої рейки та рециркуляційний кульовий гвинт; термічне розширення SHVP Система компенсації; зворотний бак для охолоджуючої рідини.[6]

Система охолодження, система охолодження води, пневматичний фільтр, пневматична кришка, пневматичний пістолет для видалення стружки, автоматична центральна система змащення, освітлення робочої зони, електромеханічний замок дверей для кришки робочої зони, регульовальний кронштейн, комплект ключів

Опція

Додаткові комплектуючі палети метричного виконання, конвеєр для відводу стружки

Управління

Максимальна швидкість обробки програм 1000 блоків/сек

Екран панелі керування, LCD-екран 15"

Кількість керованих осей координат/ керованих одночасно 4/ 3

Технічні характеристики верстата HAAS EC-500:

Макс. перемещение по оси X, мм813

Макс. перемещение по оси Y, мм508

Макс. перемещение по оси Z, мм711

Длина палеты/стола, мм500

Ширина палеты/стола, мм500

Максимальная нагрузка, кг454

Количество сменных палет, шт.2

Время смены палеты, сек9

Ширина Т-образных пазов, мм—

Расстояние между Т-образными пазами, мм—

Размер конуса шпинделя40

Максимальная частота вращения шпинделя, об/мин8000

Макс. мощность шпинделя, кВт14,9

Макс. крутящий момент, Нм102

Макс. осевое усилие, кН20,5

Макс. скорость холостых подач, м/мин25,4

Макс. рабочие подачи по осям, м/мин12,7

Кол-во позиций в автоматическом сменщике инструмента, шт40+1

Макс. диаметр инструмента (при занятых соседних позициях), мм76

Макс. масса инструмента, кг5,4

Время смены инструмента (среднее), сек1,6

Точность позиционирования, мм $\pm 0,0050$

Повторяєомсть, мм±0,0025

Объем бака СОЖ, л303

Ориентировочная масса станка (зависит от комплектации), кг13650.

Особливості конструкції:

- Повністю лита чавунна станина
- Повністю закрите герметичне захисну огорожу
- Серводвигуни переміщень по осях з прямою передачею моменту
- Сталеві загартовані підшипникові блоки направляючих
- ШВП з подвійним кріпленням і попередньо натягнутою гайкою
- Система автоматичного змащення напрямних і ШВП
- Система компенсації теплових розширень ШВП
- Відкатна конструкція бака для МОР

Комплектації[6]:

Базова комплектація:

Система МОР з баком на 360 л

Ручний пневмопистолет для видалення стружки з деталі і верстата

Автоматична централізована система мастила

станочное освітлення

Лампа індикації стану верстата

Електромеханічний замок дверей огорожі робочої зони

Функція автоматичного відключення верстата

Комплект регулювальних опор

Палети метричного виконання (2 шт.)

USB порт

пряме Різьбонарізання

Транспортер для видалення стружки стрічкового типу

Внутрішній автотрансформатор (354-480 В)

Відповідність нормам безпеки ЦЕ

експортна упаковка

Кнопковий вимикач для блокування пам'яті для пульта управління

Доступні опції:

5AXD Привід управління 5-ї віссю для асинхронних поворотних столів 93-4312B

P-COOL Програмоване сопло подачі MOP

8M Додаткові 8 резервних "M" -функцій

COORD Обертання координат і масштабування

EPFDM Блок раннього виявлення зникнення електроживлення

HOME Кнопка повернення для задається користувачем 2-ий вихідної позиції

HSM Опція високошвидкісної обробки

MACRO задаються користувачем макрокоманди

RJH-C Покращений пульт дистанційного керування з маховичком і кольоровим багаторядковим ЖК-дисплеєм

SOM Орієнтація шпинделя

VQC Система візуального програмування за допомогою «швидкого кодування»

ACF Додаткова система фільтрації MOP, 25-мікронних фільтр

IPS Система інтуїтивного програмування HAAS

12K Шпиндель 12000 об / хв, прямий привід, макс. потужність 22,4 кВт, натомість стандартного

4AX-E4 ЧПУ-керована вісь контролю безступінчатим поворотом робочої палети

WIPS-R-EC Бездротова система вимірювальних щупів Renishaw для серії EC

HYDRDY-E4 / 5 Підготовка верстата для установки гідравлічних затискних пристосувань

SPAL-1 Запасна палета

SMTCS-70-E5 Високошвидкісний пристрій зміни інструменту бічного виконання, 70 & bsp; INSTR., Натомість стандартного

ENET Ethernet-інтерфейс

EXPANDED-MEMORY Розширення пам'яті до 750 Мб

BT40 Опція BT40

CABCOOL Опція охолодження шафи управління верстатів HAAS



TSC Подача СОЖ через шпиндель. Тиск - 20 атмосфер (300 psi)

ENCL-EXHAUST Система для витяжки пари MOP

LK1 Комплект приладдя для кранового розвантаження

TSC1K Система подачі MOP високого тиску через шпиндель, до 69 бар.[6]

### 3.5 Практична частина розточування

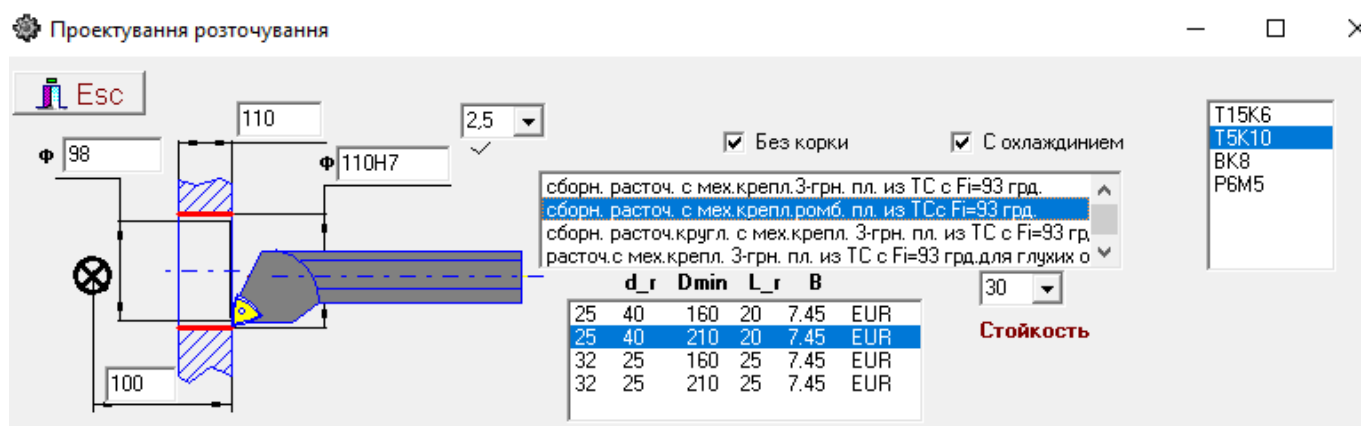


Рис. 3.6. Операція «Розточування»

Вихідні данні:

Деталь:

Назва – Кришка.

-Матеріал – Сталь40х (187..241 HB).

Точність обробки поверхні – H7.

Параметри шорсткості обробленої поверхні: Ra=2.5 мкм.

Станок HAAS EC-500;

Глибина різання – t=6,00 мм;

Вибір інструменту:

По рекомендаціям програми «Sapr\_2020» обираємо різець сборн. Расоч. С механическим креплением ромб. Пл. із TCс Fi=93грд, розміри інструмента 25d\_r=40мм,Dmin=210мм,L\_r=20. Рекумендований матеріал ріжучого інструмента

T5K10, стійкість 30хв. При заданих параметрів оброблюваної частини, ми можемо змінювати:

- Стійкість в межах (15...120).
- Вплив інструмента.
- Розміри інструмента.
- Вплив матеріалу ріжучої частини (ТТ7К12, Т5К10, Т14К8,Т15К6,ВК8,Р6М5.).

Змінюючи ці параметри ми можемо дослідити: зміну потужності, швидкості різання, подачі, та режими різання які зображенні на (рис. 2.11. та рис. 2.12.)

```
* Etap= E11; Stijk = 30 хв; Поверхня № 38
Q, "Розточити отвір Ф 110Н7, L= 110.00, Ra 2.50"
T, "К.01.4341.000-01 Різець розточн. з мех.кріпл. ромбіч.пл.; Fi=93 грд., 25х20, Т5К10, ТУ ВНИИ"
P, "t= 6.00 мм, S= 1,01 мм/об, V= 690,46 м/хв, n= 1998 об/хв, N= 0.25 кВт"
E, "Tосн= 0.055 хв; А = 0,01 кВт*хв; С= 3,05 грн "
```

Рис. 3.7. Потужність, швидкість різання та подача

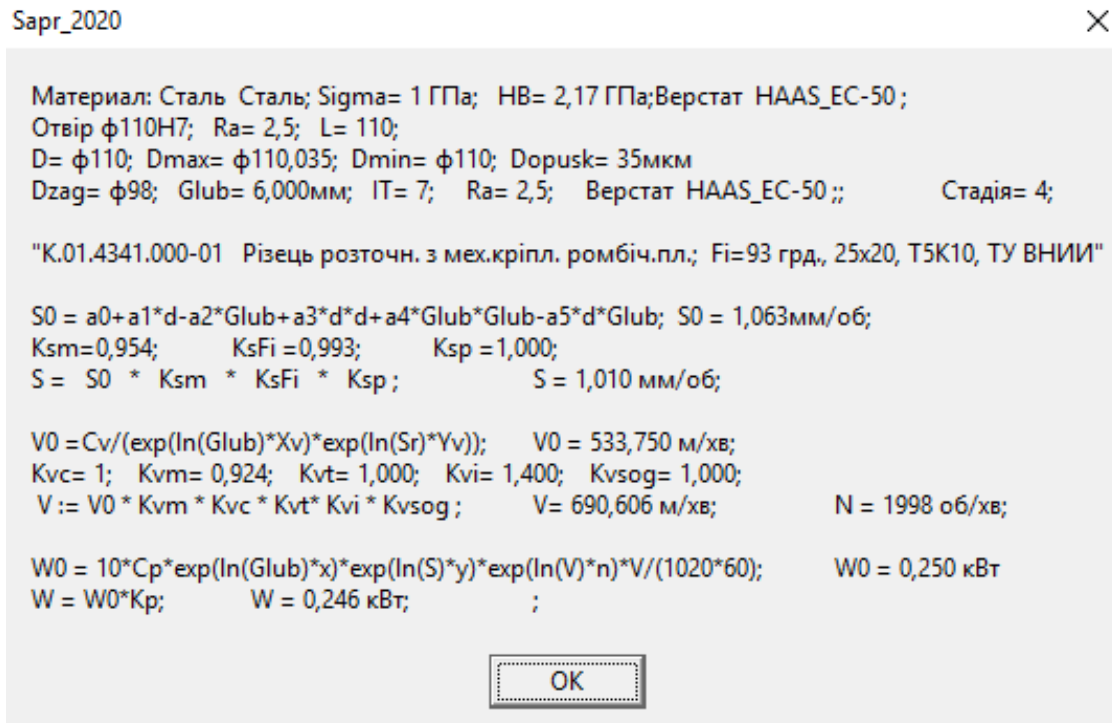


Рис. 3.8. Фрагмент процесу розрахунків режимів різання

Також ми можемо визначити трудомісткість та собівартість одного преходу, враховуючи економічні показники витрат на: інструмент, заробітну плату, електроенергію, амотризацію, витрати на пристрій та верстат.

Modul\_Sobivartist; s.149; Ставка= 5000 грн; Tosn= 0,06 хв; Стійкість= 30,00 хв;  
 Зарплата основна= 0,03 грн; Зарплата додаткова= 0,0000 грн; Зарплата повна= 0,03 грн;  
 Ціна інструмента= 213,44 грн; Норматив на заточку= 5 хв; Кількість переточок= 50; Витрати на інструмент= 0,01 грн;  
 Вартість Верстата= 4211406,75 грн; Амортизаційні витрати= 0,137 грн; Витрати на ремонт= 0,00 грн;  
 Потужність верстата= 22,40 кВт; Потужність різання= 0,25 кВт;  
 Tosn= 0,055хв; Витрати на електроенергію= 2,86625 грн;  
 Вартість пристрою= 2000,00 грн; Витрати на пристрій= 0,009 грн;  
 Собівартість переходу= 3,05 грн;

OK

Рис. 3.9. Досліджуванні показники собівартості та трудомісткості

### 3.6 Дослідження впливу різця

Для виконання дослідження вибираємо 4 варіанта різця. (Різець розточн. з мех.кріпл. 3-гр.пл, Різець розточн. з мех.кріпл. ромбіч.пл, Різець розточн. з мех.кріпл. 3-грн.пл, Різець розточн. з ромб.пл.), встановлюємо стійкість 30 хв, інструментальним матеріалом вибираємо пластину T5K10. Відслідковуємо в процесі як змінюється основний час, собівартість, ціна інструмента, подача, швидкість. Отримуємо наступний результат:

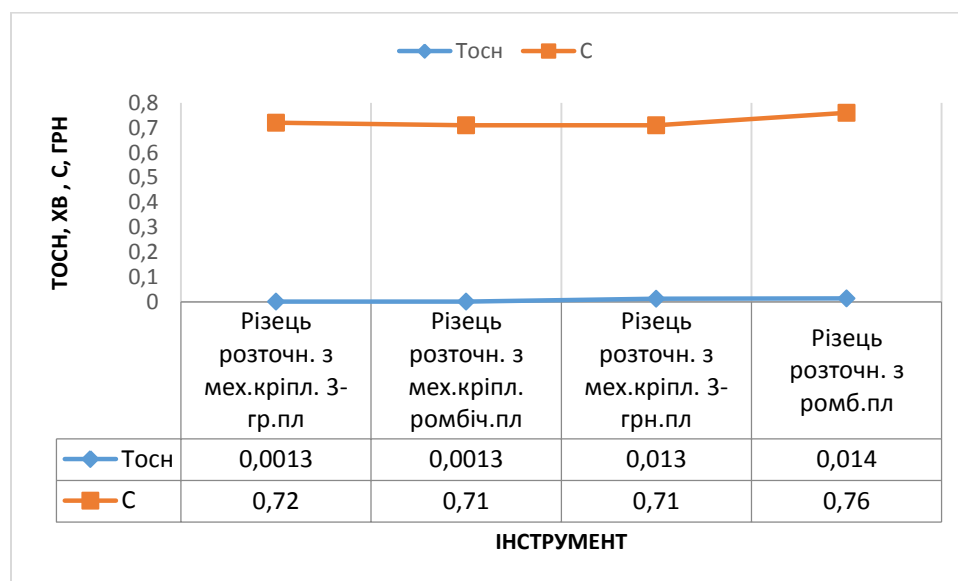


Рис.3.10 Вплив вибору інструмента на собівартість та час

### Лістинг файлу Text.txt

Етап= E11; Stijk = 30 хв; Поверхня № 1

О,"Розточити отвір Ф 110Н7, L= 110.00, Ra 3.20"

Т,"2145-0553 Різець розточн. з мех.кріпл. 3-грн.пл.; Fi=93 грд., 26x20, Т5К10, ГОСТ 20874-75"

Р," t= 7.50 мм, S= 1,62 мм/об, V= 1880,27 м/хв, n= 5441 об/хв, N= 0.25 кВт"

Е," Тосн= 0.013 хв; А = 0,00 кВт\*хв; С= 0,71 грн "

\* Етап= E11; Stijk = 30 хв; Поверхня № 12

О,"Розточити отвір Ф 110Н7, L= 110.00, Ra 3.20"

Т,"2141-0601 Різець розточн. з ромб.пл.; Fi=93 грд для глух.отв., 32x32, Т5К10, ГОСТ 20874-75"

Р," t= 7.50 мм, S= 1,57 мм/об, V= 1789,73 м/хв, n= 5179 об/хв, N= 0.25 кВт"

Е," Тосн= 0.014 хв; А = 0,00 кВт\*хв; С= 0,76 грн "

\* Етап= E11; Stijk = 30 хв; Поверхня № 3

О,"Розточити отвір Ф 110Н7, L= 110.00, Ra 5.00"

Т,"2141-0601 Різець розточн. з ромб.пл.; Fi=93 грд для глух.отв., 32x32, Т5К10, ГОСТ 20874-75"

Р," t= 7.50 мм, S= 1,57 мм/об, V= 1789,73 м/хв, n= 5179 об/хв, N= 0.25 кВт"

Е," Тосн= 0.014 хв; А = 0,00 кВт\*хв; С= 0,76 грн "

\* Етап= E11; Stijk = 30 хв; Поверхня № 4

О,"Розточити отвір Ф 110Н7, L= 110.00, Ra 5.00"

Т,"2145-0551 Різець розточн. з мех.кріпл. 3-грн.пл.; Fi=93 грд., 26x20, Т5К10, ГОСТ 20874-75"

P," t= 7.50 мм, S= 1,62 мм/об, V= 1880,27 м/хв, n= 5441 об/хв, N= 0.25 кВт"

E," Tосн= 0.013 хв; A = 0,00 кВт\*хв; C= 0,71 грн "

### **Лістинг файлу Sobivartist.txt**

Поверхня № 1; S= 1,61 мм/об.; V= 1866,11 м/хв.

ф                      Стійкість= 30,00 хв;                      Tосп= 0,01 хв;

Ставка= 5000 грн;                      Зарплата основна= 0,01 грн;                      Зарплата додаткова=0,00 грн;  
Зарплата повна= 0,01 грн;

Ціна інструмента= 282,20 грн;                      Норматив на заточку= 5 хв;                      Кількість переточок= 50;  
Витрати на інструмент= 0,00 грн;

Вартість верстата= 4211406,75 грн;                      Амортизаційні витрати= 0,03 грн;                      Витрати на  
ремонт= 0,00 грн;

Потужність верстата= 22,40 кВт;                      Потужність різання= 0,25 кВт;  
Витрати на електроенергію= 0,66482 грн;

Вартість пристрою= 2000,00 грн;                      Витрати на пристрій= 0,01 грн;  
Собівартість переходу= 0,72 грн;

( E8; чистове розточування; ф110Н7; L= 110; IT= 7; Ra= 3,2; t= 7,500мм;

Поверхня № 2; S= 1,62 мм/об.; V= 1880,27 м/хв.

ф                      Стійкість= 30,00 хв;                      Tосп= 0,01 хв;

Ставка= 5000 грн;                      Зарплата основна= 0,01 грн;                      Зарплата додаткова=0,00 грн;  
Зарплата повна= 0,01 грн;

Ціна інструмента= 213,44 грн;                      Норматив на заточку= 5 хв;                      Кількість переточок= 50;  
Витрати на інструмент= 0,00 грн;

Вартість верстата= 4211406,75 грн; Амортизаційні витрати= 0,03 грн; Витрати на ремонт= 0,00 грн;

Потужність верстата= 22,40 кВт; Потужність різання= 0,25 кВт;

Витрати на електроенергію= 0,65574 грн;

Вартість пристрою= 2000,00 грн; Витрати на пристрій= 0,01 грн;

Собівартість переходу= 0,71 грн;

( E8; чистове розточування;  $\phi 110H7$ ;  $L= 110$ ;  $IT= 7$ ;  $Ra= 12,5$ ;  $t= 7,500\text{мм}$ ;

Поверхня № 3;  $S= 1,62 \text{ мм/об.}$ ;  $V= 1880,27 \text{ м/хв.}$

$\phi$  Стійкість= 30,00 хв;  $T_{osn}= 0,01 \text{ хв}$ ;

Ставка= 5000 грн; Зарплата основна= 0,01 грн; Зарплата додаткова=0,00 грн;

Зарплата повна= 0,01 грн;

Ціна інструмента= 213,44 грн; Норматив на заточку= 5 хв; Кількість переточок= 50;

Витрати на інструмент= 0,00 грн;

Вартість верстата= 4211406,75 грн; Амортизаційні витрати= 0,03 грн; Витрати на ремонт= 0,00 грн;

Потужність верстата= 22,40 кВт; Потужність різання= 0,25 кВт;

Витрати на електроенергію= 0,65574 грн;

Вартість пристрою= 2000,00 грн; Витрати на пристрій= 0,01 грн;

Собівартість переходу= 0,71 грн;

( E8; чистове розточування;  $\phi 110H7$ ;  $L= 110$ ;  $IT= 7$ ;  $Ra= 12,5$ ;  $t= 7,500\text{мм}$ ;

Поверхня № 4;  $S= 1,62 \text{ мм/об.}$ ;  $V= 1880,27 \text{ м/хв.}$

$\phi$  Стійкість= 30,00 хв;  $T_{osn}= 0,01 \text{ хв}$ ;

Ставка= 5000 грн; Зарплата основна= 0,01 грн; Зарплата додаткова=0,00 грн;  
Зарплата повна= 0,01 грн;

Ціна інструмента= 190,52 грн; Норматив на заточку= 5 хв; Кількість переточок= 50;  
Витрати на інструмент= 0,00 грн;

Вартість верстата= 4211406,75 грн; Амортизаційні витрати= 0,03 грн; Витрати на  
ремонт= 0,00 грн;

Потужність верстата= 22,40 кВт; Потужність різання= 0,25 кВт;

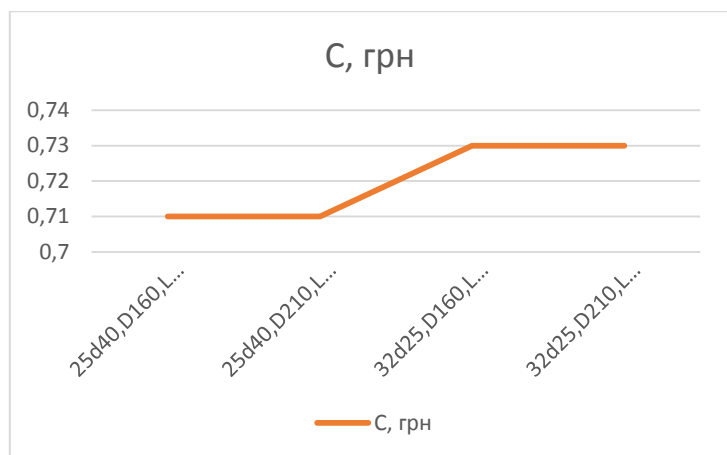
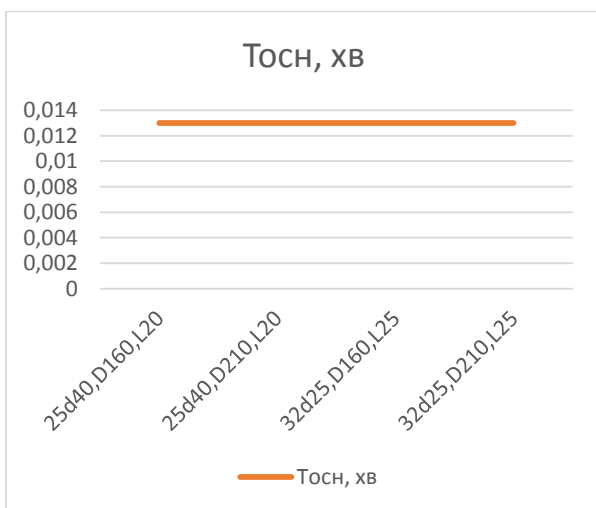
Витрати на електроенергію= 0,65574 грн;

Вартість пристрою= 2000,00 грн; Витрати на пристрій= 0,01 грн;

Собівартість переходу= 0,71 грн;

### 3.7 Дослідження впливу розмірів різця

Для виконання дослідження вибираємо 4 види розмірів . (з розмірами 25  
 $d_r=40\text{мм}, D_{\min}=160\text{мм}, L_r=20$ ;  $25d_r=40\text{мм}, D_{\min}=210\text{мм}, L_r=20$ ; 32  
 $d_r=25\text{мм}, D_{\min}=160\text{мм}, L_r=25$ ; 32  $d_r=25\text{мм}, D_{\min}=210\text{мм}, L_r=25$ .), встановлюємо  
стійкість 30 хв, інструментальним матеріалом вибираємо пластину Т5К10.  
Відслідковуємо в процесі як змінюється основний час, собівартість, ціна інструмента,  
швидкість. Отримуємо наступний результат:



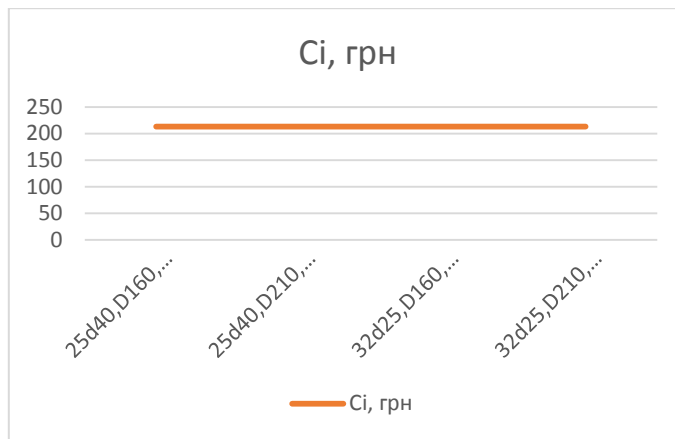
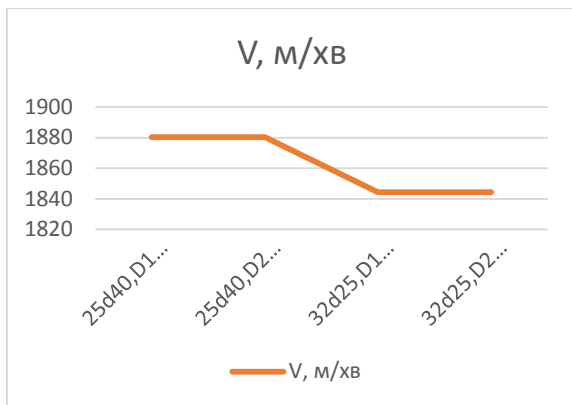


Рис.3.11. Залежність часу, затрат та швидкості різання від розміру інструмента

Виконавши експеримент, ми бачим, що найкращі показники у інструмента з розмірами 25d40,D210,L20.

### Лістинг файлу Text.txt

\* Etap= E11; Stijk = 30 хв; Поверхня № 42

O,"Розточити отвір Ф 110Н7, L= 110.00, Ra 3.20"

T,"K.01.4341.000 Різець розточн. з мех.кріпл. ромбіч.пл.; Fi=93 грд., 25х20, Т5К10, ТУ ВНИИ"

P," t= 7.50 мм, S= 1,62 мм/об, V= 1880,27 м/хв, n= 5441 об/хв, N= 0.25 кВт"

E," Тосн= 0.013 хв; A = 0,00 кВт\*хв; C= 0,71 грн "

\* Etap= E11; Stijk = 30 хв; Поверхня № 43

O,"Розточити отвір Ф 110Н7, L= 110.00, Ra 3.20"

T,"K.01.4341.000-01 Різець розточн. з мех.кріпл. ромбіч.пл.; Fi=93 грд., 25х20, Т5К10, ТУ ВНИИ"

P," t= 7.50 мм, S= 1,62 мм/об, V= 1880,27 м/хв, n= 5441 об/хв, N= 0.25 кВт"

E," Тосн= 0.013 хв; A = 0,00 кВт\*хв; C= 0,71 грн "

\* Etap= E11; Stijk = 30 хв; Поверхня № 44



О,"Розточити отвір Ф 110Н7, L= 110.00, Ra 3.20"

Т,"К.01.4341.000-02 Різець розточн. з мех.кріпл. ромбіч.пл.; Fi=93 грд., 32х25, Т5К10,  
ТУ ВНИИ"

Р," t= 7.50 мм, S= 1,60 мм/об, V= 1844,33 м/хв, n= 5337 об/хв, N= 0.25 кВт"

Е," Тосн= 0.013 хв; А = 0,00 кВт\*хв; С= 0,73 грн "

\* Етап= Е11; Stijk = 30 хв; Поверхня № 45

О,"Розточити отвір Ф 110Н7, L= 110.00, Ra 3.20"

Т,"К.01.4341.000-03 Різець розточн. з мех.кріпл. ромбіч.пл.; Fi=93 грд., 32х25, Т5К10,  
ТУ ВНИИ"

Р," t= 7.50 мм, S= 1,60 мм/об, V= 1844,33 м/хв, n= 5337 об/хв, N= 0.25 кВт"

Е," Тосн= 0.013 хв; А = 0,00 кВт\*хв; С= 0,73 грн "

### **Лістинг файлу Sobivartist.txt**

( Е8; чистове розточування; ф110Н7; L= 110; IT= 7; Ra= 3,2; t= 7,500мм;

Поверхня № 42; S= 1,62 мм/об.; V= 1880,27 м/хв.

ф                      Стійкість= 30,00 хв;                      Тосн= 0,01 хв;

Ставка= 5000 грн;                      Зарплата основна= 0,01 грн;                      Зарплата додаткова=0,00 грн;  
Зарплата повна= 0,01 грн;

Ціна інструмента= 213,44 грн;                      Норматив на заточку= 5 хв;                      Кількість переточок= 50;  
Витрати на інструмент= 0,00 грн;

Вартість верстата= 4211406,75 грн;                      Амортизаційні витрати= 0,03 грн;                      Витрати на  
ремонт= 0,00 грн;

Потужність верстата= 22,40 кВт;                      Потужність різання= 0,25 кВт;

Витрати на електроенергію= 0,65574 грн;  
Вартість пристрою= 2000,00 грн; Витрати на пристрій= 0,01 грн;  
Собівартість переходу= 0,71 грн;

( E8; чистове розточування;  $\phi 110H7$ ;  $L= 110$ ;  $IT= 7$ ;  $Ra= 3,2$ ;  $t= 7,500\text{мм}$ ;  
Поверхня № 43;  $S= 1,62$  мм/об.;  $V= 1880,27$  м/хв.

$\phi$  Стійкість= 30,00 хв;  $T_{osn}= 0,01$  хв;

Ставка= 5000 грн; Зарплата основна= 0,01 грн; Зарплата додаткова=0,00 грн;  
Зарплата повна= 0,01 грн;

Ціна інструмента= 213,44 грн; Норматив на заточку= 5 хв; Кількість переточок= 50;  
Витрати на інструмент= 0,00 грн;

Вартість верстата= 4211406,75 грн; Амортизаційні витрати= 0,03 грн; Витрати на  
ремонт= 0,00 грн;

Потужність верстата= 22,40 кВт; Потужність різання= 0,25 кВт;

Витрати на електроенергію= 0,65574 грн;

Вартість пристрою= 2000,00 грн; Витрати на пристрій= 0,01 грн;  
Собівартість переходу= 0,71 грн;

( E8; чистове розточування;  $\phi 110H7$ ;  $L= 110$ ;  $IT= 7$ ;  $Ra= 3,2$ ;  $t= 7,500\text{мм}$ ;  
Поверхня № 44;  $S= 1,60$  мм/об.;  $V= 1844,33$  м/хв.

$\phi$  Стійкість= 30,00 хв;  $T_{osn}= 0,01$  хв;

Ставка= 5000 грн; Зарплата основна= 0,01 грн; Зарплата додаткова=0,00 грн;  
Зарплата повна= 0,01 грн;

Ціна інструмента= 213,44 грн; Норматив на заточку= 5 хв; Кількість переточок= 50;

Витрати на інструмент= 0,00 грн;

Вартість верстата= 4211406,75 грн; Амортизаційні витрати= 0,03 грн; Витрати на ремонт= 0,00 грн;

Потужність верстата= 22,40 кВт; Потужність різання= 0,25 кВт;

Витрати на електроенергію= 0,67687 грн;

Вартість пристрою= 2000,00 грн; Витрати на пристрій= 0,01 грн;

Собівартість переходу= 0,73 грн;

( E8; чистове розточування;  $\phi 110H7$ ;  $L= 110$ ;  $IT= 7$ ;  $Ra= 3,2$ ;  $t= 7,500\text{мм}$ ;

Поверхня № 45;  $S= 1,60\text{ мм/об.}$ ;  $V= 1844,33\text{ м/хв.}$

$\phi$  Стійкість= 30,00 хв;  $T_{osn}= 0,01\text{ хв}$ ;

Ставка= 5000 грн; Зарплата основна= 0,01 грн; Зарплата додаткова=0,00 грн;

Зарплата повна= 0,01 грн;

Ціна інструмента= 213,44 грн; Норматив на заточку= 5 хв; Кількість переточок= 50;

Витрати на інструмент= 0,00 грн;

Вартість верстата= 4211406,75 грн; Амортизаційні витрати= 0,03 грн; Витрати на ремонт= 0,00 грн;

Потужність верстата= 22,40 кВт; Потужність різання= 0,25 кВт;

Витрати на електроенергію= 0,67687 грн;

Вартість пристрою= 2000,00 грн; Витрати на пристрій= 0,01 грн;

Собівартість переходу= 0,73 грн;

### **3.8 Дослідження зміни стійкості різця**

Для виконання дослідження вибираємо 6 часових параметрів інструмента при параметрах 25d40,D210,L20. та не змінній подачі та іншим параметрам.(час змінювали в хвиликах ( 15, 30, 45, 60, 90, 120.), інструментальним матеріалом вибираємо пластину

T5K10. Відслідковуємо в процесі як змінюється основний час, собівартість, ціна інструмента, амортизація. Отримуємо наступний результат:

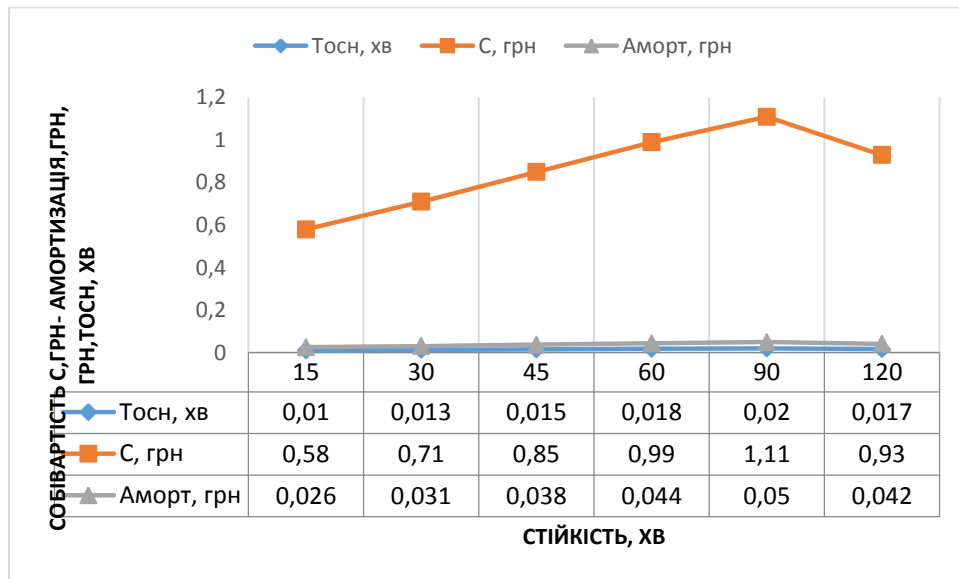


Рис.3.12. Залежність часу, витрат від стійкості

Дослідивши зміну стійкості з графіка рис. 3.4 видно що найкращі показники будуть при 15 хв.

### Лістинг файлу Text.txt

\* Etap= E11; Stijk = 15 хв; Поверхня № 54

O,"Розточити отвір Ф 110Н7, L= 110.00, Ra 3.20"

T,"K.01.4341.000-01 Різець розточн. з мех.кріпл. ромбіч.пл.; Fi=93 град., 25х20, T5K10, ТУ ВНИИ"

P," t= 7.50 мм, S= 1,62 мм/об, V= 2297,38 м/хв, n= 6648 об/хв, N= 0.25 кВт"

E," Тосн= 0.010 хв; А = 0,00 кВт\*хв; С= 0,58 грн "

\* Etap= E11; Stijk = 30 хв; Поверхня № 55

O,"Розточити отвір Ф 110Н7, L= 110.00, Ra 3.20"

T,"K.01.4341.000-01 Різець розточн. з мех.кріпл. ромбіч.пл.; Fi=93 град., 25х20, T5K10, ТУ ВНИИ"

P," t= 7.50 мм, S= 1,62 мм/об, V= 1880,27 м/хв, n= 5441 об/хв, N= 0.25 кВт"

E," Tосн= 0.013 хв; A = 0,00 кВт\*хв; C= 0,71 грн "

\* Этап= E11; Stijk = 45 хв; Поверхня № 56

O,"Розточити отвір Ф 110Н7, L= 110.00, Ra 3.20"

T,"К.01.4341.000-01 Різець розточн. з мех.кріпл. ромбіч.пл.; Fi=93 грд., 25х20, Т5К10,  
ТУ ВНИИ"

P," t= 7.50 мм, S= 1,62 мм/об, V= 1559,93 м/хв, n= 4514 об/хв, N= 0.25 кВт"

E," Tосн= 0.015 хв; A = 0,00 кВт\*хв; C= 0,85 грн "

\* Этап= E11; Stijk = 60 хв; Поверхня № 57

O,"Розточити отвір Ф 110Н7, L= 110.00, Ra 3.20"

T,"К.01.4341.000-01 Різець розточн. з мех.кріпл. ромбіч.пл.; Fi=93 грд., 25х20, Т5К10,  
ТУ ВНИИ"

P," t= 7.50 мм, S= 1,62 мм/об, V= 1336,68 м/хв, n= 3868 об/хв, N= 0.25 кВт"

E," Tосн= 0.018 хв; A = 0,00 кВт\*хв; C= 0,99 грн "

\* Этап= E11; Stijk = 90 хв; Поверхня № 58

O,"Розточити отвір Ф 110Н7, L= 110.00, Ra 3.20"

T,"К.01.4341.000-01 Різець розточн. з мех.кріпл. ромбіч.пл.; Fi=93 грд., 25х20, Т5К10,  
ТУ ВНИИ"

P," t= 7.50 мм, S= 1,62 мм/об, V= 1180,83 м/хв, n= 3417 об/хв, N= 0.25 кВт"

E," Tосн= 0.020 хв; A = 0,00 кВт\*хв; C= 1,11 грн "

\* Этап= E11; Stijk = 120 хв; Поверхня № 59

O,"Розточити отвір Ф 110Н7, L= 110.00, Ra 3.20"

Т, "К.01.4341.000-01 Різець розточн. з мех.кріпл. ромбіч.пл.;  $F_i=93$  грд., 25x20, Т5К10,  
ТУ ВНИИ"

$P, t=7.50$  мм,  $S=1,62$  мм/об,  $V=1413,06$  м/хв,  $n=4089$  об/хв,  $N=0.25$  кВт"

### Лістинг файлу Sobivartist.txt

ф                      Стійкість= 15,00 хв;                       $T_{osn}=0,01$  хв;

Ставка= 5000 грн;                      Зарплата основна= 0,00 грн;                      Зарплата додаткова=0,00 грн;  
Зарплата повна= 0,00 грн;

Ціна інструмента= 213,44 грн;                      Норматив на заточку= 5 хв;                      Кількість переточок= 50;  
Витрати на інструмент= 0,01 грн;

Вартість верстата= 4211406,75 грн;                      Амортизаційні витрати= 0,03 грн;                      Витрати на  
ремонт= 0,00 грн;

Потужність верстата= 22,40 кВт;                      Потужність різання= 0,25 кВт;

Витрати на електроенергію= 0,53668 грн;

Вартість пристрою= 2000,00 грн;                      Витрати на пристрій= 0,01 грн;

Собівартість переходу= 0,58 грн;

( E8; чистове розточування;  $\phi 110H7$ ;  $L=110$ ;  $IT=7$ ;  $Ra=3,2$ ;  $t=7,500$ мм;

Поверхня № 55;                       $S=1,62$  мм/об.;                       $V=1880,27$  м/хв.

ф                      Стійкість= 30,00 хв;                       $T_{osn}=0,01$  хв;

Ставка= 5000 грн;                      Зарплата основна= 0,01 грн;                      Зарплата додаткова=0,00 грн;  
Зарплата повна= 0,01 грн;

Ціна інструмента= 213,44 грн;                      Норматив на заточку= 5 хв;                      Кількість переточок= 50;  
Витрати на інструмент= 0,00 грн;

Вартість верстата= 4211406,75 грн;                      Амортизаційні витрати= 0,03 грн;                      Витрати на

ремонт= 0,00 грн;

Потужність верстата= 22,40 кВт; Потужність різання= 0,25 кВт;

Витрати на електроенергію= 0,65574 грн;

Вартість пристрою= 2000,00 грн; Витрати на пристрій= 0,01 грн;

Собівартість переходу= 0,71 грн;

( E8; чистове розточування;  $\phi 110H7$ ;  $L= 110$ ;  $IT= 7$ ;  $Ra= 3,2$ ;  $t= 7,500$ мм;

Поверхня № 56;  $S= 1,62$  мм/об.;  $V= 1559,93$  м/хв.

$\phi$  Стійкість= 45,00 хв;  $T_{osn}= 0,02$  хв;

Ставка= 5000 грн; Зарплата основна= 0,01 грн; Зарплата додаткова=0,00 грн;

Зарплата повна= 0,01 грн;

Ціна інструмента= 213,44 грн; Норматив на заточку= 5 хв; Кількість переточок= 50;

Витрати на інструмент= 0,00 грн;

Вартість верстата= 4211406,75 грн; Амортизаційні витрати= 0,04 грн; Витрати на ремонт= 0,00 грн;

Потужність верстата= 22,40 кВт; Потужність різання= 0,25 кВт;

Витрати на електроенергію= 0,79040 грн;

Вартість пристрою= 2000,00 грн; Витрати на пристрій= 0,01 грн;

Собівартість переходу= 0,85 грн;

( E8; чистове розточування;  $\phi 110H7$ ;  $L= 110$ ;  $IT= 7$ ;  $Ra= 3,2$ ;  $t= 7,500$ мм;

Поверхня № 57;  $S= 1,62$  мм/об.;  $V= 1336,68$  м/хв.

$\phi$  Стійкість= 60,00 хв;  $T_{osn}= 0,02$  хв;

Ставка= 5000 грн;      Зарплата основна= 0,01 грн;    Зарплата додаткова=0,00 грн;  
Зарплата повна= 0,01 грн;

Ціна інструмента= 213,44 грн;    Норматив на заточку= 5 хв;    Кількість переточок= 50;  
Витрати на інструмент= 0,00 грн;

Вартість верстата= 4211406,75 грн;    Амортизаційні витрати= 0,04 грн;    Витрати на  
ремонт= 0,00 грн;

Потужність верстата= 22,40 кВт;    Потужність різання= 0,25 кВт;

Витрати на електроенергію= 0,92241 грн;

Вартість пристрою= 2000,00 грн;    Витрати на пристрій= 0,01 грн;

Собівартість переходу= 0,99 грн;

( E8; чистове розточування;  $\phi 110H7$ ;  $L= 110$ ;  $IT= 7$ ;  $Ra= 3,2$ ;  $t= 7,500\text{мм}$ ;

Поверхня № 58;     $S= 1,62 \text{ мм/об.}$ ;     $V= 1180,83 \text{ м/хв.}$

$\phi$       Стійкість= 90,00 хв;       $T_{осп}= 0,02 \text{ хв}$ ;

Ставка= 5000 грн;      Зарплата основна= 0,01 грн;    Зарплата додаткова=0,00 грн;  
Зарплата повна= 0,01 грн;

Ціна інструмента= 213,44 грн;    Норматив на заточку= 5 хв;    Кількість переточок= 50;  
Витрати на інструмент= 0,00 грн;

Вартість верстата= 4211406,75 грн;    Амортизаційні витрати= 0,05 грн;    Витрати на  
ремонт= 0,00 грн;

Потужність верстата= 22,40 кВт;    Потужність різання= 0,25 кВт;

Витрати на електроенергію= 1,04416 грн;

Вартість пристрою= 2000,00 грн;    Витрати на пристрій= 0,01 грн;

Собівартість переходу= 1,11 грн;



( E8; чистове розточування;  $\phi 110H7$ ;  $L=110$ ;  $IT=7$ ;  $Ra=3,2$ ;  $t=7,500\text{мм}$ ;  
Поверхня № 59;  $S=1,62\text{ мм/об.}$ ;  $V=1413,06\text{ м/хв.}$

### 3.9 Дослідження зміни матеріалу різця

Для виконання дослідження вибираємо 4 матеріалів при часі стійкості фрези 15 хв., Розмірами 25d40,D210,L20. та не змінній подачі та іншим параметрам.(вибрано було наступні марки матеріалів: (T5K10, T15K6, BK8, P6M5). Відслідковуємо в процесі як змінюється основний час, собівартість, ціна інструмента, амортизація. Отримуємо наступний результат:

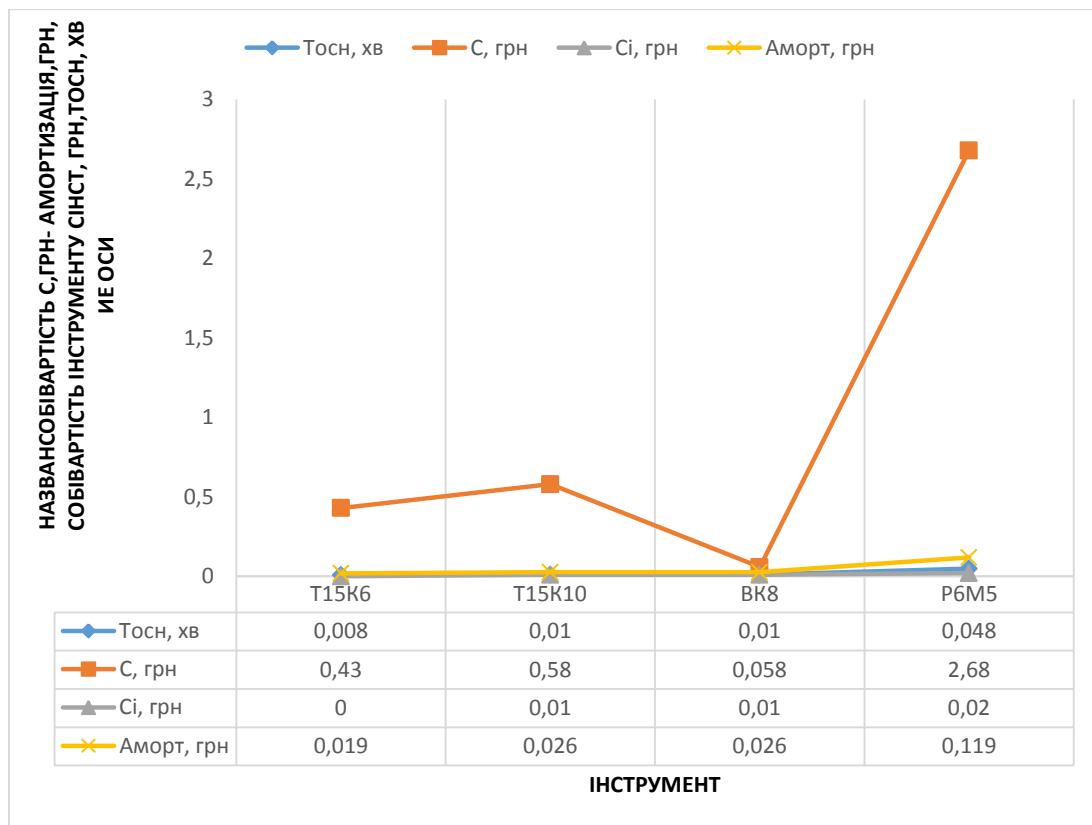


Рис. 3.13. Залежність часу і вартості від матеріалу ріжучої частини

Зробивши експеримент, ми можемо зробити висновок, що найбільш оптимальна марка ріжучої частини T15K6

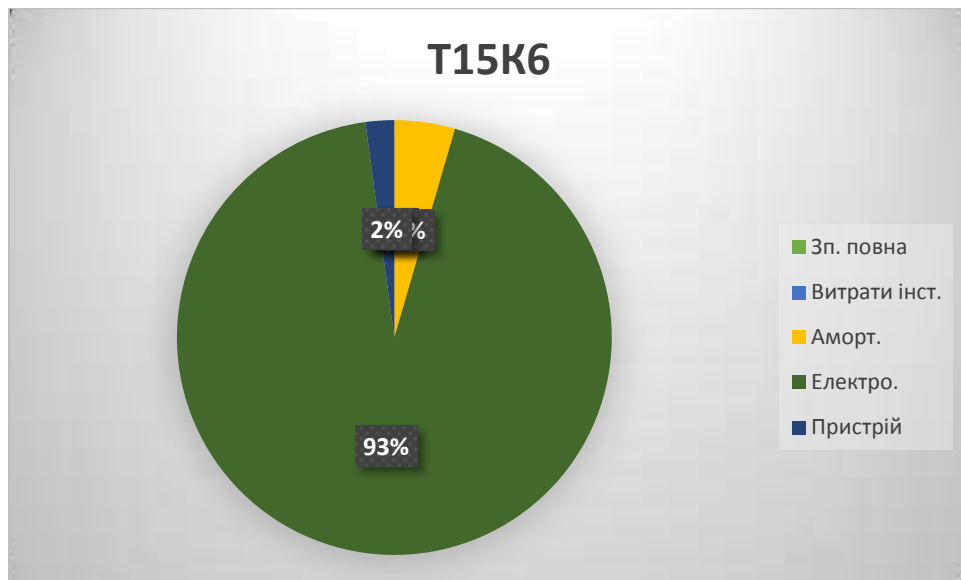


Рис. 3.14. Діаграма структури собівартості при фрезеруванні.

На діаграмі структури собівартості рис. 3.6. чітко видно що на загальному обсяг собівартості найбільш впливає ціна пристрою, амортизаційні витрати, та витрати на пристрій.

### Лістинг файла Text.txt

Etap= E11; Stijk = 15 хв; Поверхня № 60

О,"Розточити отвір Ф 110Н7, L= 110.00, Ra 3.20"

Т,"К.01.4341.000-01 Різець розточн. з мех.кріпл. ромбіч.пл.; Fi=93 грд., 25х20, T15K6,  
ТУ ВНИИ"

Р," t= 7.50 мм, S= 1,62 мм/об, V= 3117,78 м/хв, n= 9022 об/хв, N= 0.25 кВт"

Е," Тосн= 0.008 хв; А = 0,00 кВт\*хв; С= 0,43 грн "

\* Etap= E11; Stijk = 15 хв; Поверхня № 61

О,"Розточити отвір Ф 110Н7, L= 110.00, Ra 3.20"

Т,"К.01.4341.000-01 Різець розточн. з мех.кріпл. ромбіч.пл.; Fi=93 грд., 25х20, T5K10,  
ТУ ВНИИ"

P," t= 7.50 мм, S= 1,62 мм/об, V= 2297,38 м/хв, n= 6648 об/хв, N= 0.25 кВт"

E," Tосн= 0.010 хв; A = 0,00 кВт\*хв; C= 0,58 грн "

\* Этап= E11; Stijk = 15 хв; Поверхня № 62

O,"Розточити отвір Ф 110Н7, L= 110.00, Ra 3.20"

T,"К.01.4341.000-01 Різець розточн. з мех.кріпл. ромбіч.пл.; Fi=93 грд., 25х20, ВК8, ТУ  
ВНИИ"

P," t= 7.50 мм, S= 1,62 мм/об, V= 2297,38 м/хв, n= 6648 об/хв, N= 0.25 кВт"

E," Tосн= 0.010 хв; A = 0,00 кВт\*хв; C= 0,58 грн "

\* Этап= E11; Stijk = 15 хв; Поверхня № 63

O,"Розточити отвір Ф 110Н7, L= 110.00, Ra 3.20"

T,"К.01.4341.000-01 Різець розточн. з мех.кріпл. ромбіч.пл.; Fi=93 грд., 25х20, Р6М5,  
ТУ ВНИИ"

P," t= 7.50 мм, S= 1,62 мм/об, V= 492,44 м/хв, n= 1425 об/хв, N= 0.25 кВт"

E," Tосн= 0.048 хв; A = 0,01 кВт\*хв; C= 2,68 грн "

\* Этап= E11; Stijk = 15 хв; Поверхня № 64

O,"Розточити отвір Ф 110Н7, L= 110.00, Ra 3.20"

T,"К.01.4341.000-01 Різець розточн. з мех.кріпл. ромбіч.пл.; Fi=93 грд., 25х20, ВК8, ТУ  
ВНИИ"

P," t= 7.50 мм, S= 1,62 мм/об, V= 2297,38 м/хв, n= 6648 об/хв, N= 0.25 кВт"

E," Tосн= 0.010 хв; A = 0,00 кВт\*хв; C= 0,58 грн "

### **Лістинг файла Sobivartist.txt**

( E8; чистове розточування; ф110Н7; L= 110; IT= 7; Ra= 3,2; t= 7,500мм;

Поверхня № 61; S= 1,62 мм/об.; V= 2297,38 м/хв.

$$\Phi$$

Ставка= 5000 грн;

Ціна інструмента= 213,44 грн; Норматив на заточку= 5 хв; Кількість переточок= 50;

Вартість верстата=4211406,75 грн; Амортизаційні витрати= 0,03 грн; Витрати на

Потужність верстата= 22,40 кВт; Потужність різання= 0,25 кВт;

Витрати на електроенергію= 0,53668 грн;

Вартість пристрою= 2000,00 грн; Витрати на пристрій= 0,01 грн;

Собівартість переходу= 0,58 грн;

( Е8; чистове розточування; ф110Н7; L= 110; IT= 7; Ra= 3,2; t= 7,500мм;

Поверхня № 62; S= 1,62 мм/об.; V= 2297,38 м/хв.

$$\Phi$$

Ставка= 5000 грн;

Ціна інструмента= 213,44 грн; Норматив на заточку= 5 хв; Кількість переточок= 50;

Вартість верстата= 4211406,75 грн; Амортизаційні витрати= 0,03 грн; Витрати на

Потужність верстата= 22,40 кВт; Потужність різання= 0,25 кВт;

Витрати на електроенергію= 0,53668 грн;

Вартість пристрою= 2000,00 грн; Витрати на пристрій= 0,01 грн;

Собівартість переходу= 0,58 грн;

( E8; чистове розточування; ф110Н7; L= 110; IT= 7; Ra= 3,2; t= 7,500мм;

Поверхня № 63; S= 1,62 мм/об.; V= 492,44 м/хв.

ф                      Стійкість= 15,00 хв;              Tosn= 0,05 хв;

Ставка= 5000 грн;              Зарплата основна= 0,02 грн;              Зарплата додаткова=0,00 грн;

Зарплата повна= 0,02 грн;

Ціна інструмента= 213,44 грн; Норматив на заточку= 5 хв; Кількість переточок= 50;

Витрати на інструмент= 0,02 грн;

Вартість верстата= 4211406,75 грн; Амортизаційні витрати= 0,12 грн; Витрати на ремонт= 0,00 грн;

Потужність верстата= 22,40 кВт; Потужність різання= 0,25 кВт;

Витрати на електроенергію= 2,50377 грн;

Вартість пристрою= 2000,00 грн; Витрати на пристрій= 0,01 грн;

Собівартість переходу= 2,68 грн;

( E8; чистове розточування; ф110Н7; L= 110; IT= 7; Ra= 3,2; t= 7,500мм;

Поверхня № 64; S= 1,62 мм/об.; V= 2297,38 м/хв.

ф                      Стійкість= 15,00 хв;              Tosn= 0,01 хв;

Ставка= 5000 грн;              Зарплата основна= 0,00 грн;              Зарплата додаткова=0,00 грн;

Зарплата повна= 0,00 грн;

Ціна інструмента= 213,44 грн; Норматив на заточку= 5 хв; Кількість переточок= 50;

Витрати на інструмент= 0,01 грн;

Вартість верстата= 4211406,75 грн; Амортизаційні витрати= 0,03 грн; Витрати на ремонт= 0,00 грн;

Потужність верстата= 22,40 кВт; Потужність різання= 0,25 кВт;

Витрати на електроенергію= 0,53668 грн;

Вартість пристрою= 2000,00 грн; Витрати на пристрій= 0,01 грн;

Собівартість переходу= 0,58 грн;

Висновок: найбільш оптимальними умовами для Розточування будуть: інструмент Різець розточн. з мех.кріпл. ромбіч.пл.;  $F_i=93$  грд., матеріал ріжучої частини T15K6, параметри інструмента 25d40,D210,L20, стійкість 15хв.

## Лістинг файлу Forma 3.txt

ГОСТ 3.1118-82 Форма 3 САПР

С серии		По серию		Листов 2		Лист 1	
НТУУ "КПИ" каф.ТМ		МТ-82мп; Br_22		Редуктор			
Корпус							
M01							
Код		ЕИ	MD	ЕН	Н.Расх.	КИМ	
M02		166	2.0	1	2.75	0.727	
Код загот.		Профиль и размеры			КД	МЗ	
M03					1	2.50	
В	Цех	Уч	РМ	Опер.	Код, наименование операции		
Г	Обозначение документа						
Д	Код, наименование оборудования						
Е	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КД	ЕН
ОП	Кшт	Тпз	Тшт				
В 04 5 4230 Програмная, ИОТ 4230							
Д 05 Многоцелевой станок HAAS_EC-500							
О 06  А. Установити заготовку та закріпити,							
07  після обробки відкріпити та зняти							
Фр8 0; Rozmir = 110h14(-0.870); Ra6,30							
Т 09 2214-0341 Фреза торцева ф 250, z= 26 , T5K10 , Г							
Т 10 ОСТ 1092-80							
Р 11  8 прохода(ов), b= 182.5 мм, t= 1.83 мм, S= 642.0 мм/хв, V=							
Р 12 202.5 м/хв,							
Р 13  n= 258 об/хв," , N рез.= 5.044 кВт, A= 537.302 кВт*хв							
Е 14  Lsum = 8548,8 мм, Тосн= 106,53хв; C= 343,26 грн.							
Фр5 0; Rozmir = 90h14(-0.870); Ra3,20							
Т 16 2214-0341 Фреза торцева ф 250, z= 26 , T5K10 , Г							
Т 17 ОСТ 1092-80							
Р 18  2 прохода(ов), b= 115.0 мм, t= 1.83 мм, S= 761.0 мм/хв, V=							
Р 19 230.8 м/хв,							
Р 20  n= 294 об/хв," , N рез.= 3.127 кВт, A= 4.154 кВт*хв							
Е 21  Lsum = 505,5 мм, Тосн= 1,33хв; C= 6,33 грн.							
Е 22 Ссум.= 349,59грн							
23							
В 24 10 4230 Програмна . ИОТ 68							
Д 25 Багатоцільовий верстат HAAS_EC-500							
О 26  А. Установити заготовку та закріпити,							
27  після обробки відкріпити та зняти							
О 28 1. Розточити отвір Ф 110Н7, L= 110.00, Ra 2.50							
Т 29 К.01.4341.000-01 Різець розточн. з мех.кріпл. ром							
Т 30 біч.пл.; Fi=93 грд., 25х20, T15K6, ТУ В							
Р 31  t= 7.50 мм, S= 1,62 мм/об, V= 3117,78 м/хв, n= 9022 об/							
Р 32 хв, N= 0.25 кВт							
		Разраб.		Молодой			
		Провер.		Войтенко			
		Н.Контр.		Войтенко			
МК/КТП		Операционная карта универсальная					06.12.2019

С серии		По серии		Листов 2		Лист 2	
НТУУ "КПИ" каМТ-82мп; Br_22				Редуктор			
В	Цех	Уч	РМ	Опер.	Код, наименование операции		
Г	Одозначение документа						
Д	Код, наименование оборудования						
Е	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КД	ЕН  ОП  Кшт   Тпз   Тшт
Е 01  Тосн= 0.008 хв; А = 0,00 кВт*хв; С= 0,43 грн							
Е 02 Н.Часу= 0.01хв; Асум.= 271,40кВт*мин							
Е 03  Ссум.= 0,43грн							
04							
В 05  15 4230 Програмная, ИОТ 4230							
О 06 1. Сверлить отверстие ф4.945, Ra3.20, L= 25							
Т 07 Сверло ф4.945 , Р6М5 ГОСТ 10903-90"							
Р 08  t= 2.5 мм; S= 0,48 мм/об; V= 54,18 м/мин; n= 1743,90							
09  об/мин							
Е 10  Тосн.= 0,027 мин; С= 0,384 грн							
О 11 2. Рассверлить отверстие ф9.890Н16(+0.900), Ra3.20, L= 25							
Т 12 Сверло ф9.890Н16(+0.900) , Р6М5 ГОСТ 10903-90"							
Р 13  t= 4.945 мм; S= 2,27 мм/об; V= 33,60 м/мин; n= 1081,34							
14  об/мин							
Е 15  Тосн.= 0,054 ммин; С= 0,768 грн							
О 16 3. Развернуть отверстие ф10.1(+0.430), Ra2.50, L= 25							
Т 17 Развертка ф10.1(+0.430), Р6М5 ГОСТ 1672-88							
Р 18  t= 0.210 мм; S= 1,38 мм/об; V= 27,62 м/мин; n= 870,58							
19  об/мин							
Е 20  Тосн.= 0,021 ммин; С= 0,298 грн							
О 21 4. Сверлить отверстие ф20.060, Ra3.20, L= 55							
Т 22 Сверло ф20.060 , Р6М5 ГОСТ 10903-90"							
Р 23  t= 10.0 мм; S= 0,79 мм/об; V= 43,22 м/мин; n= 661,36							
24  об/мин							
Е 25  Тосн.= 0,294 мин; С= 4,183 грн							
О 26 5. Зенкеровать отверстие ф20.8(+0.520), Ra3.20, L= 55							
Т 27 Зенкер ф20.8(+0.520) , Р6М5 ГОСТ 12489-71							
Р 28  t= 0.740 мм; S= 1,61 мм/об; V= 38,65 м/мин; n= 591,54							
29  об/мин							
Е 30  Тосн.= 0,058 мин; С= 0,825 грн							
О 31 6. Сверлить отверстие ф13.470, Ra3.20, L= 95							
Т 32 Сверло ф13.470 , Р6М5 ГОСТ 10903-90"							
Р 33  t= 6.7 мм; S= 0,50 мм/об; V= 52,24 м/мин; n= 1173,41							
34  об/мин							
Е 35  Тосн.= 0,367 мин; С= 5,221 грн							
О 36 7. Зенкеровать отверстие ф14.170Н16(+1.100), Ra3.20, L= 95							
Т 37 Зенкер ф14.170Н16(+1.100) , Р6М5 ГОСТ 12489-71							
Р 38  t= 0.700 мм; S= 1,37 мм/об; V= 42,42 м/мин; n= 953,01							
39  об/мин							
Е 40  Тосн.= 0,073 мин; С= 1,038 грн							
О 41 8. Развернуть отверстие ф14.4(+0.430), Ra2.50, L= 95							
Т 42 Развертка ф14.4(+0.430), Р6М5 ГОСТ 1672-88							
Е 43							
Е 44 Н.Вр= 0.98мин; Ссум.= 12,72грн							
МК/КТП		Операционная карта универсальная				06.12.2019	



С серии		По серии		Листов 2		Лист 3	
НТУУ "КПИ" каМТ-82мп; Br_22				Редуктор			
В	Цех	Уч	РМ	Опер.	Код, наименование операции		
Г	Одозначение документа						
Д	Код, наименование оборудования						
Е	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КД	ЕН  ОП  Кшт   Тпз   Тшт
Р 01	t= 0.230 мм; S= 1,38 мм/об; V= 27,62 м/мин; n= 610,62						
02	об/мин						
Е 03	Тосн.= 0,113 мин; С= 1,607 грн						
О 04	9. Сверлить отверстие ф20Н14, Ra3.20, L= 90						
Т 05	Сверло ф20Н14 , Р6М5 ГОСТ 10903-90"						
Р 06	t= 10.0 мм; S= 1,17 мм/об; V= 33,30 м/мин; n= 280,00						
07	об/мин						
Е 08	Тосн.= 0,447 мин; С= 6,360 грн						
О 09	10. Рассверлить отверстие ф37.850, Ra3.20, L= 90						
Т 10	Сверло ф37.850 , Р6М5 ГОСТ 10903-90"						
Р 11	t= 8.9 мм; S= 2,87 мм/об; V= 39,06 м/мин; n= 321,78 об/мин						
Е 12	Тосн.= 0,847 мин; С= 12,051 грн						
О 13	11. Зенкеровать отверстие ф38.640Н16(+1.600), Ra3.20, L= 90						
Т 14	Зенкер ф38.640Н16(+1.600) , Р6М5 ГОСТ 12489-71						
Р 15	t= 0.790 мм; S= 2,20 мм/об; V= 30,46 м/мин; n= 250,90						
16	об/мин						
Е 17	Тосн.= 0,163 мин; С= 2,319 грн						
О 18	12. Развернуть отверстие ф38.900Н16(+1.600), Ra2.50, L= 90						
Т 19	Развертка ф38.900Н16(+1.600), Р6М5 ГОСТ 1672-88						
Р 20	t= 0.260 мм; S= 1,38 мм/об; V= 27,62 м/мин; n= 226,04						
21	об/мин						
Е 22	Тосн.= 0,288 мин; С= 4,097 грн						
О 23	13. Развернуть отверстие ф39(+0.620), Ra1.25, L= 90						
Т 24	Развертка ф39(+0.620), Р6М5 ГОСТ 1672-88						
Р 25	t= 0.100 мм; S= 2,74 мм/об; V= 17,14 м/мин; n= 139,92						
26	об/мин						
Е 27	Тосн.= 0,234 мин; С= 3,329 грн						
О 28	14. Сверлить отверстие ф30Н14, Ra3.20, L= 90						
Т 29	Сверло ф30Н14 , Р6М5 ГОСТ 10903-90"						
Р 30	t= 15.0 мм; S= 1,50 мм/об; V= 33,89 м/мин; n= 179,78						
31	об/мин						
Е 32	Тосн.= 0,613 мин; С= 8,722 грн						
О 33	15. Рассверлить отверстие ф60Н14, Ra3.20, L= 90						
Т 34	Сверло ф60Н14 , Р6М5 ГОСТ 10903-90"						
Р 35	t= 15.0 мм; S= 3,45 мм/об; V= 31,28 м/мин; n= 148,25						
36	об/мин						
Е 37	Тосн.= 1,225 мин; С= 17,430 грн						
О 38	16. Расточить отверстие ф67.17Н14, Ra3.20, L= 90						
Р 39	t= 3.6 мм; S= 0,40 мм/об; V= 80,00 м/мин; n= 342,59 об/мин						
Е 40	Тосн.= 0,593 мин; С= 8,437 грн						
О 41	17. Расточить отверстие ф74.33Н14, Ra3.20, L= 90						
Р 42	t= 3.6 мм; S= 0,40 мм/об; V= 80,00 м/мин; n= 312,45 об/мин						
Е 43							
Е 44	Н.Вр= 5.96мин; Ссум.= 77,07грн						
МК/КТП		Операционная карта универсальная				06.12.2019	

С серии		По серии		Листов 2		Лист 4	
НТУУ "КПИ" каМТ-82мп; Br_22				Редуктор			
В	Цех	Уч	РМ	Опер.	Код, наименование операции		
Г	Одозначение документа						
Д	Код, наименование оборудования						
Е	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КД	ЕН  ОП  Кшт   Тпз   Тшт
Е 01	Тосн.= 0,657 мин; С= 9,348 грн						
О 02	18. Расточить отверстие ф81.50Н14, Ra3.20, L= 90						
Р 03	t= 3.6 мм; S= 0,40 мм/об; V= 80,00 м/мин; n= 287,19 об/мин						
Е 04	Тосн.= 0,720 мин; С= 10,244 грн						
О 05	19. Расточить отверстие ф88.67, Ra3.20, L= 90						
Р 06	t= 3.6 мм; S= 0,40 мм/об; V= 80,00 м/мин; n= 284,27 об/мин						
Е 07	Тосн.= 0,783 мин; С= 11,141 грн						
О 08	20. Зенкеровать отверстие ф89.580Н16(+2.200), Ra3.20, L= 90						
Т 09	Зенкер ф89.580Н16(+2.200) , Р6М5 ГОСТ 12489-71						
Р 10	t= 0.910 мм; S= 3,19 мм/об; V= 22,98 м/мин; n= 81,64						
11	об/мин						
Е 12	Тосн.= 0,345 мин; С= 4,908 грн						
О 13	21. Развернуть отверстие ф89.880Н16(+2.200), Ra2.50, L= 90						
Т 14	Развертка ф89.880Н16(+2.200), Р6М5 ГОСТ 1672-88						
Р 15	t= 0.300 мм; S= 1,38 мм/об; V= 27,62 м/мин; n= 97,83						
16	об/мин						
Е 17	Тосн.= 0,666 мин; С= 9,476 грн						
О 18	22. Развернуть отверстие ф90(+0.870), Ra1.25, L= 90						
Т 19	Развертка ф90(+0.870), Р6М5 ГОСТ 1672-88						
Р 20	t= 0.120 мм; S= 4,19 мм/об; V= 9,32 м/мин; n= 32,97 об/мин						
Е 21	Тосн.= 0,651 мин; С= 9,262 грн						
О 22	23. Сверлить отверстие ф20Н14, Ra3.20, L= 55						
Т 23	Сверло ф20Н14 , Р6М5 ГОСТ 10903-90"						
Р 24	t= 10.0 мм; S= 1,09 мм/об; V= 35,37 м/мин; n= 351,75						
25	об/мин						
Е 26	Тосн.= 0,276 мин; С= 3,927 грн						
О 27	24. Рассверлить отверстие ф32.010, Ra3.20, L= 55						
Т 28	Сверло ф32.010 , Р6М5 ГОСТ 10903-90"						
Р 29	t= 6.0 мм; S= 2,73 мм/об; V= 39,21 м/мин; n= 380,51 об/мин						
Е 30	Тосн.= 0,442 мин; С= 6,289 грн						
О 31	25. Зенкеровать отверстие ф32.8(+0.620), Ra3.20, L= 55						
Т 32	Зенкер ф32.8(+0.620) , Р6М5 ГОСТ 12489-71						
Р 33	t= 0.790 мм; S= 2,02 мм/об; V= 32,83 м/мин; n= 318,59						
34	об/мин						
Е 35	Тосн.= 0,085 мин; С= 1,209 грн						
О 36	26. Сверлить отверстие ф9.620, Ra3.20, L= 25						
Т 37	Сверло ф9.620 , Р6М5 ГОСТ 10903-90"						
Р 38	t= 4.8 мм; S= 0,49 мм/об; V= 53,91 м/мин; n= 1698,95						
39	об/мин						
Е 40	Тосн.= 0,074 мин; С= 1,052 грн						
О 41	27. Зенкеровать отверстие ф10.1(+0.430), Ra3.20, L= 25						
Т 42	Зенкер ф10.1(+0.430) , Р6М5 ГОСТ 12489-71						
Е 43							
Е 44	Н.Вр= 11.13мин; Ссум.= 143,92грн						
МК/КТП		Операционная карта универсальная				06.12.2019	

С серии		По серии		Листов 2		Лист 5	
НТУУ "КПИ" каМТ-82мп; Br_22				Редуктор			
В	Цех	Уч	РМ	Опер.	Код, наименование операции		
Г	Одозначение документа						
Д	Код, наименование оборудования						
Е	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КД	ЕН  ОП  Кшт   Тпз   Тшт
Р 01	t= 0.480 мм; S= 1,21 мм/об; V= 44,81 м/мин; n= 1412,26						
02	об/мин						
Е 03	Тосн.= 0,015 мин; С= 0,213 грн						
Е 04							
Е 05	Н.Вр= 11.14мин; Ссум.= 144,14грн						
06							
В 07	20 4230 Програмная, ИОТ 4230						
О 08	1. Обработать отверстие ф10,10(+0,43), Ra2,5 на длину L=30,						
09	обработать фаску						
О 10	2. Нарезать резьбу M12x1,75-7H, Ra2,5 на длину L=30 мм,						
11	выдерж. D2=						
ф102	00(+0,25)						
Р 13	V=6,430м/мин, n= 171,000 мин-1						
Е 14	Тосн=0,201 мин, Твсп= 0,018 мин" С= 1,685 грн						
О 15	3. Обработать отверстие ф21,80(+0,48), Ra3,2 на длину L=55,						
16	обработать фаску						
О 17	4. Нарезать резьбу M24x2-7H, Ra3,2 на длину L=55 мм,						
18	выдерж. D2=						
ф229	00(+0,28)						
Р 20	V=6,430м/мин, n= 85,400 мин-1						
Е 21	Тосн=0,644 мин, Твсп= 0,059 мин" С= 5,410 грн						
О 22	5. Обработать отверстие ф14,40(+0,38), Ra2,5 на длину L=95,						
23	обработать фаску						
О 24	6. Нарезать резьбу M16x1,5-7H, Ra2,5 на длину L=95 мм,						
25	выдерж. D2=						
ф156	00(+0,24)						
Р 27	V=6,430м/мин, n= 128,000 мин-1						
Е 28	Тосн=0,989 мин, Твсп= 0,090 мин" С= 8,307 грн						
О 29	7. Обработать отверстие ф32,80(+0,63), Ra2,5 на длину L=55,						
30	обработать фаску						
О 31	8. Нарезать резьбу M36x3-7H, Ra2,5 на длину L=55 мм,						
32	выдерж. D2=						
ф343	00(+0,34)						
Р 34	V=6,430м/мин, n= 56,900 мин-1						
Е 35	Тосн=0,644 мин, Твсп= 0,059 мин" С= 5,410 грн						
О 36	9. Обработать отверстие ф10,10(+0,43), Ra3,2 на длину L=30,						
37	обработать фаску						
О 38	10. Нарезать резьбу M12x1,75-7H, Ra3,2 на длину L=30 мм,						
39	выдерж. D2=						
ф100	00(+0,25)						
Р 41	V=6,430м/мин, n= 171,000 мин-1						
Е 42	Тосн=0,201 мин, Твсп= 0,018 мин" С= 1,685 грн						
Е 43							
Е 44	Н.Вр= 2.95мин; Ссум.= 22,50грн						
МК/КТП		Операционная карта универсальная				06.12.2019	

С серии		По серию		Листов 2		Лист 6	
НТУУ "КПИ" каМТ-82мп; Br_22				Редуктор			
В	Цех	Уч	РМ	Опер.	Код, наименование операции		
Г	Одозначение документа						
Д	Код, наименование оборудования						
Е	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КД	ЕН  ОП  Кшт   Тпз   Тшт
Е 01							
Е 02	Н.Вр= 2.95мин; Ссум.= 22,50грн						
03							
В 04	25 4230 Програмная, ИОТ 4230						
Д 05	Багатоцільовий верстат НААС_ЕС-500						
О 06	А. Установить заготовку и закрепить,						
07	после обработки открепить и снять						
Фр8	0; Rozmir = 90h14(-0.870); Ra6,30						
Т 09	2214-0341 Фреза торцева ф 250, z= 26 , T5K10 ,						
10	ГОСТ 1092-80						
Р 11	3 прохода(ов), b= 153.7 мм, t= 1.83 мм, S= 681.0 мм/хв, V=						
12	213.0 м/хв,						
Р 13	n= 271 об/хв," , N рез.= 4.215 кВт, A= 58.779 кВт*хв						
Е 14	Lsum = 3165,8 мм, Тосн= 13,95хв; С= 66,00 грн.						
Фр5	0; Rozmir = 110h12(-0.350); Ra3,20						
Т 16	2214-0341 Фреза торцева ф 250, z= 26 , T5K10 ,						
17	ГОСТ 1092-80						
Р 18	2 прохода(ов), b= 130.5 мм, t= 1.83 мм, S= 675.0 мм/хв, V=						
19	236.9 м/хв,						
Р 20	n= 302 об/хв," , N рез.= 3.402 кВт, A= 5.810 кВт*хв						
Е 21	Lsum = 576,4 мм, Тосн= 1,71хв; С= 8,12 грн.						
Фр2	0; Rozmir = 95h12(-0.350); Ra1,60						
Т 23	2214-0341 Фреза торцева ф 250, z= 26 , T5K10 ,						
24	ГОСТ 1092-80						
Р 25	5 прохода(ов), b= 186.4 мм, t= 1.83 мм, S= 576.0 мм/хв, V=						
26	218.9 м/хв,						
Р 27	n= 279 об/хв," , N рез.= 4.849 кВт, A= 206.815 кВт*хв						
Е 28	Lsum = 4913,8 мм, Тосн= 42,65хв; С= 201,51 грн.						
Е 29	Н.Часу= 64.02хв; Асум.= 271,40кВт*мин						
Е 30	Ссум.= 275,63грн						
Е 31	Н.Часу= 64.02хв; Асум.= 271,40кВт*минН.Часу= 64.02хв; Асум.=						
271,40кВт*мин							
32							
33							
34							
35							
36							
37							
38							
39							
40							
41							
МК/КТП		Операционная карта универсальная				06.12.2019	

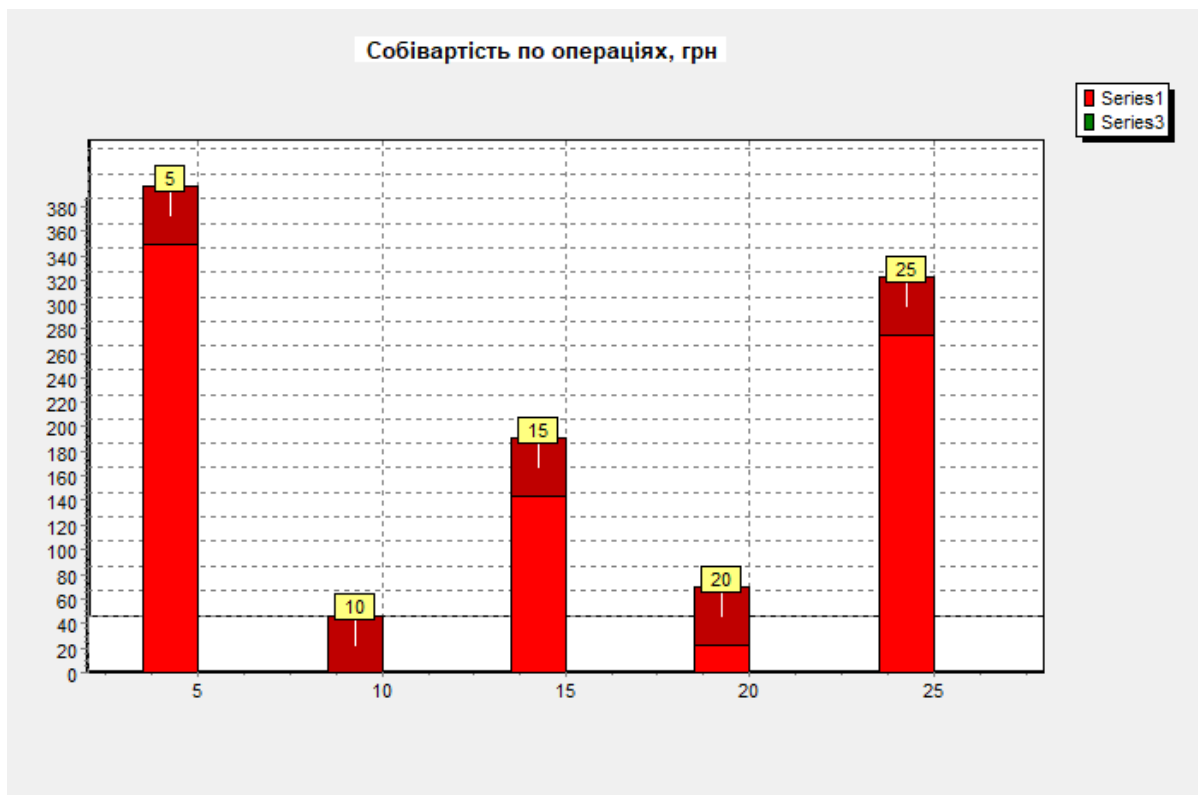


Рис.3.15. Діаграма собівартості по операціям

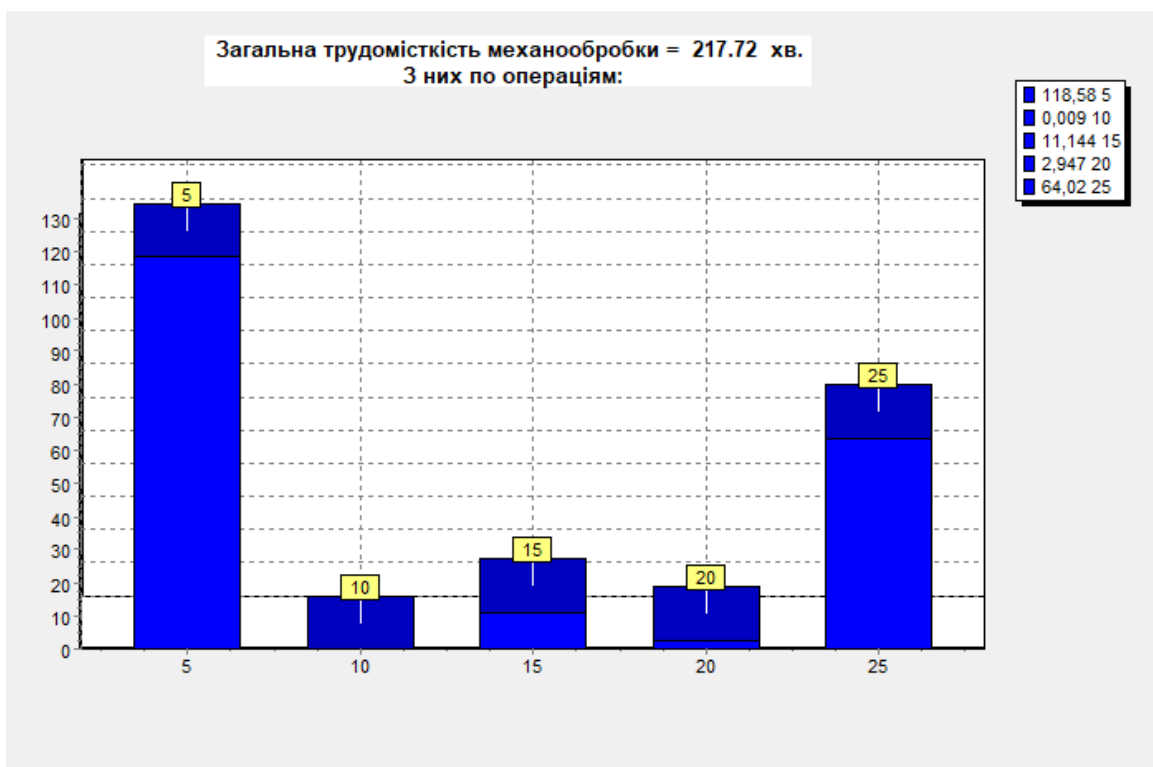


Рис.3.16. Діаграма загальної трудомісткості механообробки

### 3.10 Порівняння зміни собівартості і трудомісткості

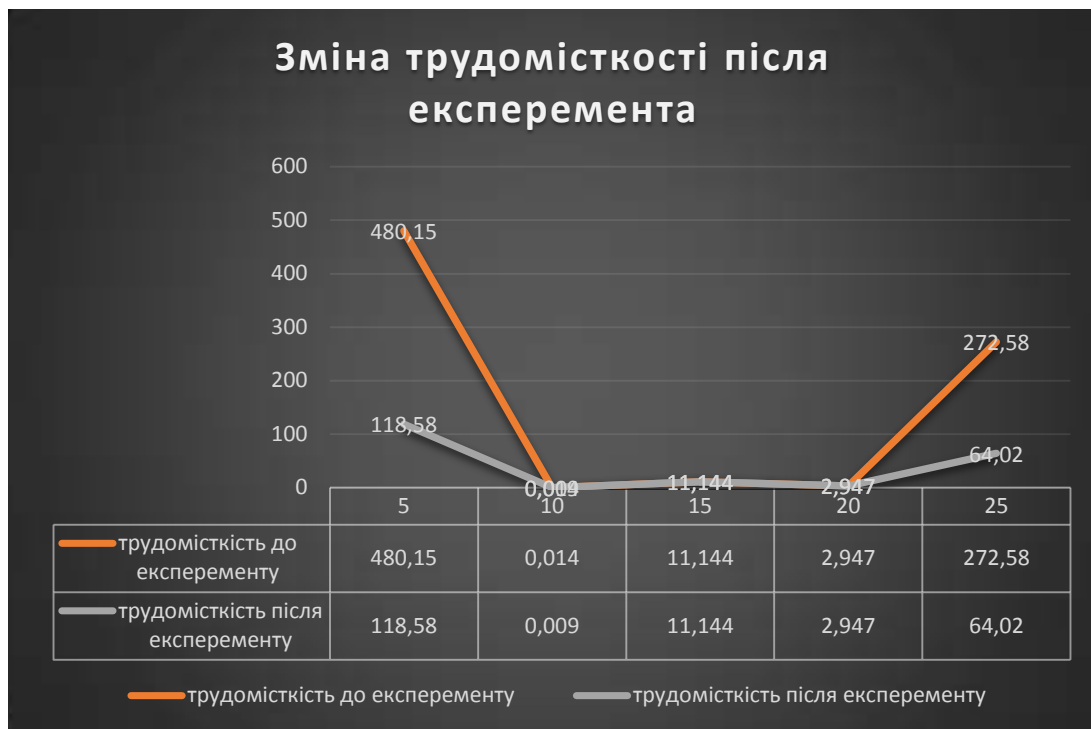


Рис.3.17. Графік трудомісткості до і після експерименту



Рис.3.18. Графік собівартості до і після експерименту

## **Висновки**

Дослідивши процес механікообробки, ми підібрали оптимальні режими для фрезерування та розточування, які покращили показники собівартості та трудомісткості. Для фрезерування ми підібрали такі режими як: фреза ф250 мелкозуб. з нож. Із Б.Р. сталі, стійкість 60хв, інструментальний матеріал Т5К10. Для розточування оптимальні режими будуть: інструмент Різець розточн. з мех.кріпл. ромбіч.пл.;  $F_i=93$  грд., матеріал ріжучої частини Т15К6, параметри інструмента 25d40,D210,L20, стійкість 15хв.

## Глава 4. Розробка стартап-проекту

**4.4.1.** Першим кроком є формування маркетингової концепції товару, який отримає споживач. Для цього у табл. 4.1 потрібно підсумувати результати попереднього аналізу конкурентоспроможності товару.

Табл. 4.1 Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Ринок потребує продукт , який допоможе	1.Швидкість проведення операцій	На виконання однієї ж і тієї операції для прикладу, у порівнянні з АСКОН ВЕРТИКАЛЬ, В асконі іде 44 секунди, в САПР 2020 21 секунда
2	пришвидшити й удосконалити	2.Хороша логістика	Всі дії поступові і логічні .
3	створення технічної документації , а також	3.Можливість створення графіків	Інші програми такої можливості не дають
4	проводити досліди з візуальною наглядністю.	4.Яскраве пояснення необхідних дій для жаданого результату	Впродовж всіх дій, майже все ілюструється і демонструється, для уникнення помилок.
5	Ціна	Низька ціна	Низька ціна

**4.4.2** Надалі розробляється трирівнева маркетингова модель товару: уточнюється ідея продукту та/або послуги, його фізичні складові, особливості процесу його надання (табл. 4.2). Орієнтовний перелік можливих характеристик товару наведено у додатку С.



Табл 4.2 Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові
I. Товар за задумом	Ринок потребує продукт , який допоможе пришвидшити й удосконалити створення технічної документації , а також проводити досліді з візуальною наглядністю. Всі ці вимоги задовільняє наш САПР2020.
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики <ul style="list-style-type: none"> <li>1. Швидкість проведення операцій</li> <li>1. Яскраве пояснення необхідних дій для жаданого результату</li> <li>3.Можливість створення графіків</li> <li>4. Яскраве пояснення необхідних дій для жаданого результату</li> <li>5. Низька ціна</li> </ul>
	Якість: SAPR_2020” (“SAPR_2020”). Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 54522. від 30.04.2014. Державна служба інтелектуальної власності України. Бюлетень. ”Авторське право та суміжні права” № 33
	Видається записане на диск з інструкцію по використанню. При покупці від 50 робочих місць, проводиться спеціальний тренінг з використання.
	Марка: SAPR_2020 , розробник Войтенко В.І. , організація GRCorp.
III. Товар із підкріпленням	Видається записане на диск з інструкцію по використанню.
	Спеціаліст обслуговуватиме програму в продовж 5 років за виникнення непередбачуваних проблем.
В програму буде введено код захисту , який прив'язуватиме програму до одного комп'ютеру, і при другому копіюванні він не працюватиме	

Слід бути особливо обережними після створення моделі маркетингу товару - проект точно захищений від копіювання. Захист можна організувати, захищаючи поняття товарів (захист інтелектуальної власності), ноу-хау або складні комбінації властивостей та характеристик, вбудованих у другий та третій рівні товару.

4.4.3. Наступним кроком є визначення меж цін, якими буде керуватися встановлення ціни потенційного товару (остаточне ціноутворення проводиться під час фінансово-економічного аналізу проекту). Це включає аналіз ціни аналогових чи альтернативних продуктів та аналіз рівня доходу цільової групи споживачів. (Таблиця 4.3). Аналіз проводиться експертними методами.

Табл. 4.3 Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	Ціна на товар замітник не існує тому що наразі нема заміників, є лише аналоги	Ціна на товар аналог коливається від 1000 – 47000 \$\$	Середній дохід наших споживачів становить від 143 000 – 643873000 \$\$	Так як ми молода компанія і зочемо вірватись на ринок , ми початково поставим явно занижені ціни в районі 300 – 400 \$\$ з можливим подальшим пидняттям до рівня 1500 \$\$

**4.4.4.** Наступним кроком є визначення оптимальної системи збуту, в межах якого приймається рішення (табл. 4.4):

- проводити збут власними силами або залучати сторонніх посередників (власна або залучена система збуту);
- вибір та обґрунтування оптимальної глибини каналу збуту;
- вибір та обґрунтування виду посередників.

Табл 4.4 Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Клієнт завжди орієнтується на ціну, при одаковому функціоалі	Продаж товару і його сервісна підтримка не період домовленості	Всі канали повині бути з тісною співпрацею з покупцем	Оптимальна система є масовий збут на один об'єкт, це полегшує співпрацю і обслуговування продукту

**4.4.5.** Останньою складовою маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів (табл. 4.5).

Табл 4.5 Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	Клієнти як правило знаходяться в пасивному пошуку нових	Інтернет , Телефон	Дишевизна і розширений функціонал	Довести до покупців про існування і якість нашої програми	Ми звертатимемось через інтернет а також дзвонитимемо до потенційних покупців.

Результатом пункту 5 має стати ринкова (маркетингова) програма, що включає в себе концепції товару, збуту, просування та попередній аналіз можливостей ціноутворення, спирається на цінності та потреби потенційних клієнтів, конкурентні переваги ідеї, стан та динаміку ринкового середовища, в межах якого буде впроваджено проект, та відповідну обрану альтернативу ринкової поведінки.

# Література

1. Організаційні типи виробництва [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://revolution.allbest.ru/economy/00414919\\_0.html](https://revolution.allbest.ru/economy/00414919_0.html).
2. В.І. Войтенко Системи автоматизованого проектування технологічних процесів машинобудування. Київ, НТУУ «КПІ» 2012.
3. Фрезерування (матеріалообробка) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Фрезерування\\_\(матеріалообробка\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/Фрезерування_(матеріалообробка)).
4. Фрезерування площин [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://bcpl.pto.org.ua/index.php/component/k2/itemlist/category/253-4-frezeruvannya-ploshchin>.
5. Фрезерна група верстатів [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Фрезерна\\_група\\_верстатів](https://uk.wikipedia.org/wiki/Фрезерна_група_верстатів).
6. Горизонтально-фрезерный обрабатывающий центр Haas EC-500 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.abamet.ru/catalog/metallorazhushhie/frezernye-chpu/g-frezernye/haas-ec-500/#tab3>.
7. Розточування отворів [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://turner2.pto.org.ua/index.php/turner2-tema5/turner2-modul-5-8/item/1024?lang=ua>.
8. Розточування отворів [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://turner2.pto.org.ua/index.php/turner2-tema5/turner2-modul-5-8/item/1025?lang=ua>.
9. Розточування отворів [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://turner2.pto.org.ua/index.php/turner2-tema5/turner2-modul-5-8/item/1026?lang=ua>.
10. В.И. Гузеев - Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с ЧПУ